BESTIMMUNGSFAKTOREN UND STRUKTUR DES PROZESSES DER PLANUNG DER INSTANDHALTUNGSKOSTEN

DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines
Doktor rerum politicarum
(Dr. rer. pol.)
in der Abteilung
Wirtschafts- und Sozialwissenschaften
der Universität Dortmund

vorgelegt von

Dipl.-Ökonom
Karlheinz Heck
aus
Dorsten
1980

BESTIMMUNGSFAKTOREN UND STRUKTUR DES PROZESSES DER PLANUNG DER INSTANDHALTUNGSKOSTEN

DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines
Doktor rerum politicarum
(Dr. rer. pol.)
in der Abteilung
Wirtschafts- und Sozialwissenschaften
der Universität Dortmund

vorgelegt von
Dipl.-Ökonom
Karlheinz Heck
aus
Dorsten
1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Tag der mündl. Prüfung

09.12.1980

1. Gutachter: Prof. Dr. W. Männel
2. Gutachter: Prof. Dr. T. Reichmann

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis..... 9

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen..... 10

Problemstellung und Gang der Untersuchung..... 16

Erstes Kapitel
Begriff, Wesen und Arten von Instandhaltungskosten. 24

A Begriff und Wesen der Instandhaltungskosten..... 24
I. Vorbemerkungen..... 24
II. Auf die Funktionen der Instandhaltung abstellende Abgrenzung der Instandhaltungskosten..... 28
1. Abgrenzung der Instandhaltungskosten von den Kosten anderer Aufgabenfelder der Anlagenwirtschaft..... 28
a) Instandhaltung als Teilgebiet der Anlagenwirtschaft..... 28
b) Kosten der Verschleißbeobachtung..... 31
c) Kosten der Verschleißhemmung..... 41
d) Kosten der Verschleißbeseitigung..... 48
e) Die Abgrenzung von Instandhaltungs- und Herstellungsaufwand als besonderes Problem der auf die Funktionen der Instandhaltung abstellenden Abgrenzung der Instandhaltungskosten von den Kosten anderer Aufgabenfelder der Anlagenwirtschaft..... 60
2. Abgrenzung der Instandhaltungskosten von den Kosten anderer Unternehmensbereiche. 70
III. Auf die Objekte der Instandhaltung abstellende Abgrenzung der Instandhaltungskosten. 74
IV. Auf die Ursache des Anfalls der Kosten abstellende Abgrenzung der Instandhaltungskosten..... 76

B Systematisierung der Instandhaltungskosten..... 82
I. Überblick über Ansätze zur Systematisierung der Instandhaltungskosten in der Literatur. 83
II. Gliederung der Instandhaltungskosten nach der Herkunft der Kostengüter und der Art der eingesetzten Produktionsfaktoren..... 93
III. Gliederung der Instandhaltungskosten nach ihrem Verzehrscharakter..... 97
IV. Gliederung der Instandhaltungskosten nach ihrer Abhängigkeit vom Leistungsvolumen der Instandhaltung..... 101

Zweites Kapitel
Ansätze zur Planung der Instandhaltungskosten..... 107

A Ansätze zur Instandhaltungskostenplanung in der Literatur..... 109
I. Aushandeln von Instandhaltungskostenbudgets 109
II. Kennzahlenorientierte Festlegung von Instandhaltungskosten..... 110
1. Aus Betriebsvergleichen gewonnene Werte als Basis von Kostenvorgaben..... 110
2. Instandhaltungskosten vergangener Perioden als Basis von Kostenvorgaben..... 113
3. Anlagenwertorientierte Kostenvorgaben... 115
a) Anschaffungswertbezogene Kostenvorgaben..... 115
b) Wiederbeschaffungswertbezogene Kostenvorgaben..... 122
III. Bedarfsorientierte Planungsansätze..... 126

B Instandhaltungsbedarfsplanung als Grundlage der Planung und Kontrolle von Instandhaltungskosten. 142
I. Begriff und Wesen des Instandhaltungsbedarfs 142
II. Aufgaben, Phasen und Struktur der bedarfsorientierten Planung der Instandhaltungskosten 147

Drittes Kapitel
Verschleißanalyse als primärer Ansatzpunkt der Instandhaltungsbedarfsplanung..... 167

A Arten und Erscheinungsformen des Verschleißes... 167

B Ursachen des Verschleißes..... 170

C Analyse und Prognose des Verschleißverlaufs..... 177

D Mögliche nachteilige wirtschaftliche Auswirkungen des Verschleißes..... 186

Viertes Kapitel
Planung der Instandhaltungsleistungen..... 200

A Planung der Instandhaltungspolitik für einzelne Instandhaltungsobjekte..... 200

I. Begriff und Inhalt der Instandhaltungsleistung..... 200

II. Instandhaltungspolitik und Instandhaltungsstrategie..... 203

III. Überblick über wichtige Erscheinungsformen von Instandhaltungsstrategien..... 208

1. Instandhaltungsmaßnahmenbezogene Merkmale als Systematisierungskriterien von Instandhaltungsstrategien..... 209

2. Instandhaltungsobjektbezogene Merkmale als Systematisierungskriterien von Instandhaltungsstrategien..... 213

IV. Bestimmungsfaktoren der Festlegung von Instandhaltungspolitiken..... 218

1. Bestimmungsfaktoren der Festlegung von Instandhaltungspolitiken für einzelne Instandhaltungsobjekte..... 219

a) Der Einfluß sicherer Informationen über die Bestimmungsfaktoren auf die Festlegung der Instandhaltungspolitik 224

b) Der Einfluß unsicherer Informationen über die Bestimmungsfaktoren auf die Festlegung der Instandhaltungspolitik 239

2. Bestimmungsfaktoren der für mehrere Instandhaltungsobjekte gemeinsamen Festlegung von Instandhaltungspolitiken..... 254

B Periodenbezogene, auf den gesamten Anlagenpark abstellende Planung des Instandhaltungsprogramms 270

I. Der Einfluß unterschiedlicher Instandhaltungspolitiken auf die Planung des periodenbezogenen Instandhaltungsprogramms..... 270

II. Der Einfluß der Abstimmung der Instandhaltungspolitiken für den gesamten Anlagenpark auf das periodenbezogene Instandhaltungsprogramm..... 284

III. Einflüsse weiterer Bestimmungsfaktoren auf das periodenbezogene Instandhaltungsprogramm..... 293

Fünftes Kapitel
Planung der Durchführung von Instandhaltungsleistungen als Grundlage der Planung des Bedarfs an Produktionsfaktoren der Instandhaltung..... 296

A Planung der Ausführung einzelner Instandhaltungsleistungen..... 296

I. Wahl des Instandhaltungsverfahrens..... 296

1. Begriff und Inhalt der Wahl des "Instandhaltungsverfahrens"..... 296

2. Möglichkeiten und Grenzen der Verfahrenswahl für einzelne Instandhaltungsleistungen..... 301

3. Wirtschaftlichkeitsvergleiche zur Fundierung von Verfahrenswahlentscheidungen für einzelne Instandhaltungsleistungen..... 316

a) Unterschiede zwischen den Instandhaltungsverfahren..... 316

aa) Unterschiede zwischen den verschiedenen Verfahren der Eigeninstandhaltung..... 316

bb) Vor- und Nachteile der Eigen- bzw. Fremdinstandhaltung..... 321

b) Wirtschaftlichkeitsrechnungen zur Fundierung von Verfahrenswahlentscheidungen für einzelne Instandhaltungsleistungen..... 330

II. Planung der Abfolge der einzelnen Tätigkeiten einer Instandhaltungsleistung und der Dauer ihrer Ausführung..... 336

B Periodenbezogene Instandhaltungsablaufplanung..... 348

I. Periodenbezogene Verfahrenswahl..... 348

1. Anlässe, Voraussetzungen und Alternativen.. 348

2. Wirtschaftlichkeitsrechnungen im Rahmen der periodenbezogenen Verfahrenswahl..... 353

II. Periodenbezogene Termin- und Reihenfolgeplanung für Instandhaltungsleistungen..... 371

1. Aufgaben und Grundprobleme der Terminplanung..... 371

2. Erscheinungsformen und Ansätze zur Lösung des Problems der Reihenfolgeplanung für Instandhaltungsleistungen..... 373

Sechstes Kapitel

Planung des Bedarfs an Produktionsfaktoren..... 392

A System der Produktionsfaktoren der Instandhaltung. 392

B Ermittlung des Bedarfs an Produktionsfaktoren für eine einzelne Instandhaltungsleistung..... 403

I. Planung des Bedarfs an Potentialfaktoren..... 403

1. Planung des Personalbedarfs..... 403

a) Vorbemerkungen..... 403

b) Problematik der Messung des Personalbedarfs für eine einzelne Instandhaltungsleistung..... 405

c) Planung des Personalbedarfs in art- und qualitätsmäßiger Sicht..... 418

d) Planung der Anzahl und Einsatzdauer der Arbeitskräfte..... 424

2. Planung des Betriebsmittelbedarfs..... 431

II. Planung des Bedarfs an Repetierfaktoren..... 434

1. Ermittlung des Bedarfs an Repetierfaktoren in art- und qualitätsmäßiger Sicht..... 436

2. Planung der Bedarfsmenge..... 441

C Periodenbezogene Planung des Bedarfs an Produktionsfaktoren..... 443

I. Planung des Bedarfs an Potentialfaktoren.... 443

1. Ermittlung des zu erwartenden (Brutto-)-Bedarfs an Potentialfaktoren..... 443

2. Planung des Bereitstellungs- und Einsatzbedarfs an Potentialfaktoren..... 451

II. Planung des Bedarfs an Repetierfaktoren..... 460

1. Ermittlung des zu erwartenden Verbrauchsbedarfs an Repetierfaktoren..... 461

2. Planung des Vorrats- und Bereitstellungsbedarfs an Repetierfaktoren..... 470

Siebtes Kapitel

Planung des Wertgerüstes der Instandhaltungskosten 475

A Die Bewertung des Mengengerüstes als letzter Schritt der bedarfsorientierten Instandhaltungskostenplanung..... 475

B Mangelnde Eignung der Vollkostenrechnung zur Bewertung des Mengengerüstes..... 478

C Erstellung des Wertgerüstes nach den Grundsätzen des Rechnens mit relevanten Kosten..... 482

I. Determinanten der Relevanz von Kosten..... 484

1. Sachliche Zurechenbarkeit..... 484

2. Zeitliche Zurechenbarkeit..... 488

II. Der Einfluß der Unsicherheit auf die Höhe des Wertansatzes..... 490

D Die Bewertung einzelner Produktionsfaktorarten nach den Grundsätzen des Rechnens mit relevanten Kosten 491

I. Bewertung des Potentialfaktorbedarfs 492

II. Bewertung des Repetierfaktorbedarfs 497

Schlußbemerkungen..... 500

Literaturverzeichnis..... 505

Abkürzungsverzeichnis

Aufl.	Auflage
Bd.	Band
BFH	Bundesfinanzhof
BMF	Bundesministerium der Finanzen
BStBl	Bundes-Steuer-Blatt
Ders.	Derselbe
Diss.	Dissertation
ed.	edited, herausgegeben
hrsg.	herausgegeben
Hrsg.	Herausgeber
Jg.	Jahrgang
KRP	Kostenrechnungspraxis
NF	Neue Folge
o. J.	ohne Jahresangabe
o. O.	ohne Ortsangabe
o. V.	ohne Verfasserangabe
vgl.	vergleiche
Vol.	Volume
WiSu	Das Wirtschaftsstudium
WiSt	Wirtschaftswissenschaftliches Studium
ZfB	Zeitschrift für Betriebswirtschaft
ZfbF	Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung
ZfhF	Zeitschrift für handelswissenschaftliche Forschung
ZfO	Zeitschrift für Organisation
ZwF	Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Abb. 1.1 : Die Stellung der Anlageninstandhaltung innerhalb des gesamten Aktivitätsfeldes der Anlagenwirtschaft..... 29

Abb. 1.2 : Schematische Darstellung eines die Instandhaltungskosten umfassenden Begriffs der Schadenskosten..... 78

Abb. 1.3 : Schematische Darstellung zur Abgrenzung der Instandhaltungskosten von (anderen) nachteiligen ökonomischen Verschleißwirkungen..... 80

Abb. 1.4 : Schematische Darstellung einer "instandhaltungsoutputorientierten" Strukturierung der Instandhaltungskosten..... 85

Abb. 1.5 : Überblick über in der Literatur am häufigsten genannte (natürliche) Kostenarten der Instandhaltung..... 89

Abb. 1.6 : Schematische Darstellung des für die Kostenspaltung wichtigen hierarchischen Aufbaus der Systematisierungskriterien der Instandhaltungskosten... 92

Abb. 1.7 : Schematische Darstellung der sich bei einer Differenzierung der Instandhaltungskosten nach der Herkunft der Kostengüter ergebenden Instandhaltungskostenartengruppen..... 94

Abb. 1.8 : Schematische Darstellung der sich bei einer Differenzierung der Instandhaltungskosten nach der Herkunft der Kostengüter bzw. nach natürlichen Kostenarten ergebenden Instandhaltungskostenartengruppen..... 96

Abb. 1.9 : Aufspaltung der Kosten für die Potential- und Repetierfaktoren der Instandhaltung..... 98

Abb. 2.1 : Beispielhafte Darstellung einer am Anschaffungswert von Anlagen orientierten Instandhaltungskostenvorgabe..... 119

Abb. 2.2 : Beispielhafte Darstellung einer am Wiederbeschaffungswert von Anlagen orientierten Instandhaltungskostenvorgabe..... 123

Abb. 2.3 : In der Budgetperiode zu erwartende Veränderungen der Instandhaltungsleistungen berücksichtigende Methode der Vorgabe von Instandhaltungskosten..... 130

Abb. 2.4 : Beispielhafte Darstellung einer fehlerhaften Budgetierung von Instandhaltungskosten aufgrund einer falschen Kostenspaltung..... 132

Abb. 2.5 : Graphische Darstellung der Ermittlung des Zusammenhangs zwischen der produktionsbedingten Inanspruchnahme von Anlagen (gemessen in Produktionsmengen) und (laufendem) Instandhaltungsbedarf (gemessen in Instandsetzungsstunden).. 136

Abb. 2.6 : Überblick über Struktur und Inhalt wichtiger Teilpläne einer instandhaltungsbedarfsorientierten periodenbezogenen Instandhaltungskostenplanung.... 166

Abb. 3.1 : Überblick über die in der Literatur vorherrschende, auf die Ursachen des Verschleißes abstellende Bildung von Verschleißkategorien..... 171

Abb. 3.2 : Schematische Darstellung der Zunahme des Streubereichs des Verschleißniveaus in Abhängigkeit von dem Alter des Instandhaltungsobjektes..... 181

Abb. 3.3 : Schematische Darstellung der Erfassung des Verschleißfortschritts in Abhängigkeit von der für den Verschleiß maßgeblichen Komponente der Anlagenzeitstruktur..... 184

Abb. 3.4 : Schematische Darstellung der grundsätzlichen Arten und Geschwindigkeiten des Verschleißfortschrittes..... 185

Abb. 3.5 : Wichtige Stufen der Analyse und Prognose des Verschleißverlaufs eines Instandhaltungsobjektes..... 187

Abb. 3.6 : Schematischer Überblick über die vom Verschleiß eines Anlagenelementes ausgehenden güter- und erfolgswirtschaftlichen Auswirkungen..... 188

Abb. 3.7 : Schematische Darstellung der grundsätzlich möglichen Abhängigkeiten der Entwicklung nachteiliger wirtschaftlicher Auswirkungen des Verschleißes vom Verschleißfortschritt
a: bei stetigem Verschleißfortschritt.... 189
b: bei diskretem Verschleißfortschritt... 189

Abb. 3.8 a: Überblick über mögliche unmittelbare nachteilige wirtschaftliche Auswirkungen des Verschleißes (Verschleißwirkungen i.e.S.) von Instandhaltungsobjekten..... 191

Abb. 3.8 b: Überblick über die nachteiligen wirtschaftlichen Auswirkungen (Verschleißwirkungen i.w.S.) von Maßnahmen zur Reduzierung der unmittelbaren ökonomisch nachteiligen Auswirkungen (Verschleißwirkungen i.e.S.) des Verschleißes von Instandhaltungsobjekten. 196

Abb. 4.1 : Schematische Darstellung der Auswirkungen unterschiedlicher (Qualität von) Verschleißhemmungsmaßnahmen auf den Verschleißverlauf und die Verschleißbeseitigungsintervalle..... 203

Abb. 4.2 : Schematische Darstellung der Auswirkungen unterschiedlicher (Qualität von) Verschleißbeseitigungsmaßnahmen auf den Verschleißverlauf und die Verschleißbeseitigungsintervalle..... 204

Abb. 4.3 : Differenzierung der Instandhaltungsstrategien nach wichtigen Kriterien... 217

Abb. 4.4 : Schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem Niveau des Verschleißes und den Verschleißwirkungen sowie der Maßgröße des (dominierenden) Verschleißbestimmungsfaktors..... 222

Abb. 4.5 : Graphische Darstellung der Ermittlung der optimalen Länge des Reparaturzyklus' für Instandhaltungsobjekte mit allmählich zunehmenden Verschleißwirkungen..... 228

Abb. 4.6 : Schematische Darstellung des Verlaufs der Ausfallneigung für ein typisches Verschleißteil..... 245

Abb. 4.7 : Überblick über wichtige Arten und Erscheinungsformen der Verbundenheit der Instandhaltung mehrerer Anlagengegenstände..... 257

Abb. 4.8 : Schematische Darstellung der Planung von Gruppenreparaturen nach dem "Prinzip der Teilbarkeit"..... 259

Abb. 4.9 : Die einfache Schachtelung der (isoliert festgelegten) Instandhaltungszyklen mehrerer Instandhaltungsobjekte 261

Abb. 4.10 : Schematische Darstellung einer streng kalenderzeitperiodischen Instandhaltungspolitik..... 272

Abb. 4.11 : Schematische Darstellung einer altersabhängig kalenderzeitperiodischen Instandhaltungspolitik..... 275

Abb. 4.12a: Schematische Darstellung einer Inspektionspolitik - mit kontinuierlichen Inspektionen..... 271

Abb. 4.12b: Schematische Darstellung einer Inspektionspolitik - mit streng kalenderzeitperiodischen Inspektionen..... 281

Abb. 4.12c: Schematische Darstellung einer Inspektionspolitik - mit Inspektionen zu sequentiell geplanten Terminen..... 283

Abb. 4.13 : Beispielhafte Darstellung der sukzessiven Abstimmung der Instandhaltungspolitiken für den gesamten Anlagenpark 290

Abb. 5.1 : Überblick über alternative Bezugsobjekte der Instandhaltungsverfahrenswahl..... 299

Abb. 5.2 : Überblick über alternative Reinigungsverfahren..... 304

Abb. 5.3 : Überblick über wichtige Elemente (Phasen) der Durchführung eines Instandhaltungsauftrages..... 311

Tab. 5.1 : Beispiel für einen gemäß dem Rechnen mit relevanten Kosten durchzuführenden Kostenvergleich zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung bei unterbeschäftigten eigenen Instandhaltungskapazitäten für einen einzelnen (zusätzlichen) Instandhaltungsauftrag..... 334

Tab. 5.2 : Beispiel für die auf einen Kostenvergleich abstellende Wahl zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung bei vollschäftigten eigenen Instandhaltungskapazitäten..... 336

Tab. 5.3 : Beispielhafte Darstellung der Verfahrenswahl bei gleichmäßigem, bekanntem Instandhaltungsbedarf - Beispiel (A) - 358

Abb. 5.4 : Graphische Darstellung des Kostenverlaufs bei Wahl der günstigsten Verfahrensalternative - Beispiel (A) -..... 359

Tab. 5.4. : Ermittlung der bei völliger Eigen-Fremdinstandhaltung in Abhängigkeit vom unbekannten Umfang des Bedarfs anfallenden relevanten Kosten - Beispiel (B) -..... 360

Abb. 5.5 : Graphische Darstellung des Kostenverlaufs bei völliger Eigen- oder Fremdinstandhaltung - Beispiel (B) -..... 361

Tab. 5.5 : Ermittlung des Bedarfsumfangs in den einzelnen Teilperioden des Planungszeitraumes und der bei ausschließlicher Fremdinstandhaltung anfallenden Kosten - Beispiel (C) -..... 363

Abb. 5.6 : Graphische Darstellung des Kostenverlaufs bei völliger Eigen- oder Fremdinstandhaltung - Beispiel (C) -..... 364

Tab. 5.6a : Ermittlung der Fremdinstandhaltungskosten bei alternativen eigenen Instandhaltungskapazitäten - Beispiel (C) -.. 365

Tab. 5.6b : Ermittlung der Eigen-, Fremd- und Gesamtinstandhaltungskosten der Planperiode in Abhängigkeit von der Zahl der Eigenhandwerker - Beispiel (C) -..... 365

Abb. 5.7 : In Abhängigkeit von einem innerhalb der Planperiode schwankenden bekannten Instandhaltungsbedarf auf einzelne Teilperioden bezogen unterschiedliche Festlegung des Grades an Eigen- und Fremdinstandhaltung unter Berücksichtigung der Kündigungsfristen und Bindungsdauern für den Auf- und Abbau eigener personeller Potentiale..... 367

Abb. 5.8 : Die Ermittlung des Bedarfs je Teilperiode des Planungszeitraumes als Erwartungswert der jeweiligen auf die Teilperioden bezogenen Wahrscheinlichkeitsverteilungen für den Bedarfsumfang..... 370

Tab. 5.7 : Ermittlung der optimalen Bearbeitungsreihenfolge von Instandhaltungsaufträgen durch vollständige Enumeration (für das Beispiel (A) zur Reihenfolgeplanung)..... 378

Tab. 5.8 : Zusammenstellung der Bearbeitungszeiten der Aufträge (A, B, C) in den Werkstätten (I, II) (für das Beispiel (B) zur Reihenfolgeplanung)..... 383

Abb. 5.9 : Graphische Darstellung des sich entsprechend der Instandhaltungsterminplanung ergebenden Reihenfolgeplans - Reihenfolgeplan (a) (für das Beispiel (B) zur Reihenfolgeplanung)..... 384

Tab. 5.9 : Zusammenstellung der von der Auftragsreihenfolge abhängigen Auftragswechselkosten (für das Beispiel (B) zur Reihenfolgeplanung)..... 384

Abb. 5.10 : Graphische Darstellung des die Auftragswechselkosten minimierenden Reihenfolgeplans - Reihenfolgeplan (b) (für das Beispiel (B) zur Reihenfolgeplanung)..... 385

Abb. 5.11 : Graphische Darstellung des die Stillstandskosten der Werkstätten minimierenden Reihenfolgeplans - Reihenfolgeplan (c) (für das Beispiel (B) zur Reihenfolgeplanung)..... 386

Abb. 5.12 : Graphische Darstellung des zugleich die Brachzeiten der Werkstätten und die (Gesamt-)Durchlaufzeit der Instandhaltungsaufträge minimierenden Reihenfolgeplans - Reihenfolgeplan (d) (für das Beispiel (B) zur Reihenfolgeplanung)..... 387

Tab. 5.10 : Ermittlung des unter Berücksichtigung der Auftragswechselkosten und der ökonomisch nachteiligen Verschleißwirkungen günstigsten Reihenfolgeplans (für das Beispiel (B) zur Reihenfolgeplanung)..... 388

Abb. 6.1 : Systematik der Produktionsfaktoren der Instandhaltung..... 399

Abb. 6.2 : Überblick über die Determinanten der menschlichen Arbeitsleistung..... 412

Abb. 6.3 : Graphische Darstellung einer beispielhaften Ermittlung eines Stundenteilarbeitswertes (Stundenarbeitswert bezüglich einer Anforderungsart) unter Berücksichtigung zweier Einflußgrößen... 415

Abb. 6.4 : Graphische Darstellung der Ermittlung eines Stundenarbeitswertes in Abhängigkeit von der Arbeitsgeschwindigkeit 417

Abb. 6.5 : Beispielhafte Darstellung eines instandhaltungsleistungsspezifischen Profils der Anforderungen an das einzusetzende Instandhaltungspersonal.... 421

Abb. 6.6 : Schematische Darstellung der Ermittlung von Instandhaltungsplanzeiten.... 428

Abb. 6.7 : Schematische Darstellung des Aufbaus einer Bedarfsgrundrechnung für die Potentialfaktoren der Instandhaltung.... 446

Abb. 6.8 : Überblick über wichtige Formen der Variation des Instandhaltungsleistungsvolumens..... 452

Abb. 6.9 : Schematische Darstellung des Aufbaus einer Bedarfsgrundrechnung für die Repetierfaktoren der Instandhaltung... 462

Abb. 7.1 : Bei der Planung der Personalkosten für Mehrarbeitszeiten bei Ansatz von Durchschnittskosten aufgrund der unterschiedlich gestaffelten Mehrarbeitszuschläge auftretende Fehler..... 494

Abb. S.1 : Überblick über die Grundsätze der Verrechnung der Instandhaltungsleistungskosten..... 504

Problemstellung und Gang der Untersuchung

Die zunehmend anlagenintensivere Ausstattung von Unternehmen fast aller Wirtschaftszweige macht es erforderlich, dem Produktionsfaktor Anlagen insbesondere aus betriebswirtschaftlicher Sicht in stärkerem Maße als bisher Beachtung zu schenken. Das Bestreben ist vor allem darauf zu lenken, die Grundlagen für die ökonomische Fundierung anlagenwirtschaftlicher Entscheidungen zu verfeinern bzw. überhaupt erst zu schaffen.

Diesem Anliegen trägt die vorliegende Arbeit speziell im Hinblick auf die Planung der Instandhaltungskosten und deren Weiterentwicklung Rechnung. Zu verstärken sind die Anstrengungen auf diesem Teilgebiet der Kostenrechnung vornehmlich deshalb, weil die bisherigen Ansätze weder der (wachsenden) Bedeutung der Instandhaltungskosten noch den verschiedenen mit ihrer Planung verfolgten Zwecken in zufriedenstellender Weise gerecht werden.

Eine Vorstellung über die Höhe der Instandhaltungskosten in der Praxis mögen einige Ergebnisse einer umfassenden empirischen Untersuchung des Verfassers aus dem Jahre 1978 vermitteln: Von den Unternehmen ausgewählter Wirtschaftszweige der deutschen Grundstoffindustrie (Chemische Industrie, Eisen- und Stahlindustrie und Mineralölwirtschaft) mit jeweils 500 und mehr Beschäftigten verfügte etwa jedes zweite (47 Prozent der Unternehmen) über ein jährliches Instandhaltungsbudget von mehr als 25 Millionen DM und davon wiederum fast die Hälfte (23 Prozent der Unternehmen) über ein Budget von mehr als 50 Millionen DM. Bei drei Prozent der Unternehmen erreichte das Jahresbudget eine Größenordnung von über 250 Millionen DM.

Trotz dieses bereits beträchtlichen Niveaus wird für die Instandhaltungskosten darüberhinaus eine (in der Tendenz progressive) Steigerung zu erwarten sein. Dies ist außer auf die zunehmende Anlagenintensität vor allem auch auf den fortschreitenden Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad und die damit vielfach einhergehende wachsende Störanfälligkeit der Anlagen zurückzuführen. Hinzu kommt, daß man bei einem Ausfall oder auch nur einem teilweisen Abfall der Leistungsfähigkeit der Anlagen - angesichts zunehmend engerer leistungswirtschaftlicher Verflechtung - erhebliche wirtschaftliche Nachteile in Kauf zu nehmen hat. Diese sind - außer für andere Maßnahmen, wie etwa den Einbau von Redundanzelementen oder konstruktive Verbesserungen der Anlagen - Anlaß für eine weitere Intensivierung der Instandhaltung.

Der sachgerechten Planung der Instandhaltungskosten kommt - nicht zuletzt auch angesichts ihrer beträchtlichen Höhe und der zu erwartenden progressiven Entwicklung - in mehrfacher Hinsicht erhebliche Relevanz zu. Im Instandhaltungsbereich selbst bildet sie die unabdingbare Grundlage für die Kostenkontrolle. Diese ist ihrerseits nur dann effizient zu gestalten, wenn sich die Planung der Instandhaltungskosten unmittelbar an einer betriebswirtschaftlich fundierten Planung des Instandhaltungsbedarfs orientiert. Damit schafft man zugleich die Möglichkeit für eine bedarfsadäquate Bemessung des Instandhaltungsbudgets bzw. die Voraussetzung, um die ökonomisch nachteiligen Konsequenzen einer Budgetpolitik des Unternehmens aufzuzeigen, die dieser Anforderung nicht gerecht werden kann (oder will). Besonderes Gewicht erlangt die Kenntnis der zu erwartenden Instandhaltungskosten auch für die sachgemäße Bewältigung von Aufgaben in anderen anlagenwirtschaftlichen Teilbereichen. Dies gilt etwa für das Treffen von Entscheidungen darüber, welche von mehreren zur Wahl stehenden Anlagen bereitgestellt werden soll, ob eine Anlage zu kaufen oder zu leasen ist, welcher Anlagenstandort zu wählen ist, wann eine Anlage ausgemustert und welcher anderen Verwendung sie

zugeführt werden soll bzw. wann eine Anlage zu ersetzen ist. Außer für solche auf einzelne Anlagen abstellende Entscheidungen benötigt man Informationen über Höhe, Struktur und Entwicklung der Instandhaltungskosten für den gesamten Anlagenpark, wenn man eine die reine Anlagenbuchhaltung ergänzende systematische Anlagenkostenrechnung anstrebt, um diese als wirksames Instrument einer integrierten Anlagenwirtschaft zur koordinierten Planung und Steuerung sämtlicher anlagenwirtschaftlicher Aktivitäten einzusetzen. Schließlich liefert die Planung der Instandhaltungskosten einen wichtigen Beitrag zur Planerfolgsrechnung und Finanzplanung des Unternehmens insgesamt bzw. einzelner Teilbereiche. Voraussetzung für die Erfüllung dieser Aufgaben ist eine Abgrenzung der Instandhaltungskosten. Denn gerade wegen einer Vielzahl enger wechselseitiger Beziehungen der Instandhaltung zu den anderen Aufgabenfeldern der Anlagenwirtschaft (und weiteren Teilfunktionen des Unternehmens) existiert eine Fülle unterschiedlicher Begriffsfassungen der Instandhaltungskosten. Da zudem auf eine geschlossene Darstellung und Abgrenzung der Anlagenwirtschaft (noch) nicht zurückgegriffen werden kann, wird im ersten Kapitel dieser Arbeit zunächst eine vor allem auf die Extensionen des Instandhaltungs(kosten)begriffs abstellende Abgrenzung vorgenommen. In einem zweiten Abschnitt werden dann die Instandhaltungskosten erfaßt und nach verschiedenen, für Planungszwecke wichtigen Kriterien systematisiert.

Die erhebliche Größenordnung der Instandhaltungskosten und die vielfältigen Zwecke ihrer Planung haben in den dazu bisher entwickelten Ansätzen der Literatur, die ausführlich im ersten Abschnitt des zweiten Kapitels behandelt werden, keinen zufriedenstellenden Niederschlag gefunden. Diese Feststellung gilt in besonderem Maße für solche Methoden, die die in der Planperiode zu erwartenden Instandhaltungskosten durch die Bildung für Planungszwecke wenig geeigneter, zum Teil sogar völlig verfehlter, allein wertbezogener Kennzahlen - wie z. B. des Anteils der Instand-

haltungskosten am Umsatz - oder anhand von Erfahrungswerten nur sehr grob schätzen (können). Auf diese Weise werden die Instandhaltungskosten en bloc, ohne Differenzierung etwa nach Kostenarten und zeitlicher Struktur des Kostenanfalls quasi als Fixkostenblock vorgegeben. Für die Planung reichen diese Verfahren vor allem auch deshalb nicht aus, weil sie die Einflußgrößen der Instandhaltungskosten vollständig vernachlässigen. Insofern ist auch der Meinung PLAUT's zu widersprechen, die in gleicher oder ähnlicher Form in der Literatur nicht selten anzutreffen ist: " Eine der schwierigsten Kostenarten in der Planung ist die Festlegung der Kosten für die innerbetrieblichen Leistungen, also für die eigenen und fremden Instandhaltungen. Hier wird man mit Rechnen und Messen nur wenig erreichen können, sondern auf das Schätzen angewiesen sein. Die Praxis der Kostenplanung zeigt jedoch, daß hier einerseits ein Vergleich dieser Kostenarten von Kostenstelle zu Kostenstelle, andererseits ein Schätzen vom Standpunkt der vorhandenen Instandhaltungsbetriebe aus, und schließlich von den verursachenden Kostenstellen aus gesehen, insbesondere wenn der betreffende Kostenplaner über weite Erfahrungen verfügt, genügend genau sein wird."[1)]

Die aus der Anwendung solcher Schätz- oder Vorgabemethoden resultierenden Mängel versuchen neuere Ansätze dadurch zu vermeiden, daß sie insbesondere auf eine Planung des Mengengerüstes der Instandhaltungskosten abzielen. Dabei lassen sich die betreffenden Autoren überwiegend von der Vorstellung leiten, daß die Instandhaltungskosten auf der Basis der (in Stunden gemessenen) Planbeschäftigung der Instandhaltung zu planen sind, die ihrerseits anhand des für die Planperiode erwarteten Produktionsvolumens (im Fertigungsbereich) festgelegt wird. Wenngleich die Absicht, sich bei der Planung der Instandhaltungskosten an deren Mengengerüst zu orientieren, im Grundsatz positiv zu beurteilen

1) PLAUT, Hans-Georg: Grundfragen und Praxis der Grenzplankostenrechnung, in: Grenzplankostenrechnung und Datenverarbeitung, hrsg. von Hans-Georg PLAUT, Heinrich MÜLLER und Werner MEDICKE, 3. Aufl., München 1973, S. 21-51, hier S. 32.

ist, weist der angesprochene Planungsansatz in dieser Form im einzelnen doch noch erhebliche Schwächen auf. Diese sind vor allem auf zwei maßgebliche Ursachenkomplexe zurückzuführen. Zum einen lassen sich die gesamten Instandhaltungskosten der Planperiode allein auf der Basis der Planbeschäftigung als einziger Kosteneinflußgröße für die heterogene "Kostenstelle" Instandhaltung schon nicht zutreffend planen. Daraus resultierende Fehler werden möglicherweise noch durch eine Reihe zusätzlich im Rahmen der Faktorpreisplanung auftretender Bewertungs- und Zurechnungsprobleme verstärkt. Aus der Sicht der Instandhaltung noch bedeutsamer als dieses nur begrenzt instandhaltungsspezifische Problem erscheint zum anderen die Unzulänglichkeit dieses Ansatzes im Hinblick auf eine betriebswirtschaftlich zufriedenstellende Erklärung und Planung des Mengengerüstes der Instandhaltungskosten. Denn gleich mehrere, aus diesem Anspruch resultierende überaus wichtige Anforderungen können nur mit der Prognose der Planbeschäftigung der Instandhaltung allein in Abhängigkeit vom Produktionsvolumen - etwa anhand von Kennzahlen oder Regressionen - nicht erfüllt werden.

Erstens ist nämlich das Produktionsvolumen für den einen Bedarf an Instandhaltungsleistungen auslösenden Verschleiß der Anlagen nur einer von mehreren Bestimmungsfaktoren. Diese sind somit zunächst möglichst vollständig und in ihrer Wirkung auf Art und Entwicklung des Verschleißes zu erfassen. Das gelingt umso eher, je mehr man auf möglichst einfache Anlagen(elemente) abstellt, da die Verschleißentwicklung komplexer Anlagen mit zunehmender Zahl ihrer Elemente immer mehr einem Zufallsprozeß folgt, der eine zeitbezogene Verschleißprognose praktisch unmöglich macht. Die insofern grundlegende auf einzelne Anlagenelemente abstellende Analyse der Arten, Ursachen bzw. Bestimmungsfaktoren und Entwicklung des Verschleißes als primärem Ansatzpunkt der Planung des Mengengerüstes der Instandhaltungskosten wird daher ausführlich im dritten Kapitel dieser Arbeit behandelt.

Zweitens ist es aus betriebswirtschaftlicher Sicht wenig zweckmäßig, die in der Planperiode auszuführenden Instandhaltungsleistungen selbst durch eine insofern verbesserte Analyse und Prognose des Verschleißes allein ermitteln zu wollen. Dies bedeutet nämlich, daß die Durchführung der Instandhaltungsleistungen generell erst nach einem verschleißbedingten (teilweisen oder vollständigen) Leistungsrückgang der Anlagen einsetzt, also ausschließlich vom Verschleiß diktiert wird. Wenngleich damit die Kapazität der Anlagenelemente sehr weitgehend ausgenutzt wird, wird dieser Vorteil einer solchen Instandhaltungs-"Philosophie" vielfach durch andere ökonomische Nachteile erheblich überkompensiert, die sich zumindest teilweise vermeiden lassen, wenn man die Instandhaltungsleistungen bereits eine Zeitlang vor einem Leistungsrückgang der Anlagen durchführt. Denn dann läßt sich einerseits ein Teil der Instandhaltungskosten einsparen - etwa wegen des dann erreichbaren höheren Vorbereitungsgrades und/oder weil noch nicht vollständig verschlissene Anlagenelemente repariert werden können. Andererseits lassen sich die aus einem Leistungsrückgang der Anlagen resultierenden nachteiligen ökonomischen Auswirkungen teilweise oder sogar vollständig vermeiden. Dies zeigt, daß man sich bei der Einplanung der Instandhaltungsleistungen nicht grundsätzlich nur am Verschleiß, sondern zusätzlich insbesondere auch an den Kosten der Durchführung von Instandhaltungsleistungen einerseits und den erfolgswirtschaftlich nachteiligen Konsequenzen des Verschleisses andererseits zu orientieren hat. Daher muß die Planung der Instandhaltungskosten auf dem durch Wirtschaftlichkeitsrechnungen zu disponierenden Bedarf an Instandhaltungsleistungen aufbauen. Die Planung der Instandhaltungsleistungen sowohl für einzelne Anlagenelemente als auch - periodenbezogen - für den gesamten Anlagenpark ist Gegenstand des vierten Kapitels dieser Arbeit.

Drittens erfordert eine betriebswirtschaftliche Fundierung des Mengengerüstes der Instandhaltungskosten die Planung

der Ausführung der Instandhaltungsleistungen. Wirtschaftlichkeitsprobleme sind dabei vor allem im Hinblick auf die Wahl der Instandhaltungsverfahren und die Festlegung der Reihenfolge der Instandhaltungsaufträge sowie der Durchführungstermine zu lösen. Die Planung der ökonomischen Ausführung einzelner Instandhaltungsleistungen wie auch der wirtschaftlichen Realisierung des periodenbezogenen Instandhaltungsprogramms wird im fünften Kapitel behandelt.

Viertens darf sich die Festlegung des Mengengerüstes der Instandhaltungskosten nicht auf die Planung des Bedarfs an einem einzigen Produktionsfaktor - wie etwa des Personals - beschränken. Vielmehr hat man den Bedarf - soweit dies wirtschaftlich zweckmäßig ist - an sämtlichen Produktionsfaktoren auf der Grundlage der Ausführungsplanung für einzelne Instandhaltungsleistungen und des periodenbezogenen Instandhaltungsprogramms zu disponieren. Damit schafft man zugleich die wesentliche Voraussetzung für die Planung des Einsatz- und Bereitstellungsbedarfs an den betreffenden Produktionsfaktoren sowie für die Festlegung leistungswirtschaftlicher Anpassungsmaßnahmen und von Bereitstellungs- und Vorratsstrategien für die Repetierfaktoren der Instandhaltung. Auf diese Planung des Bedarfs an Produktionsfaktoren der Instandhaltung wird im sechsten Kapitel der vorliegenden Untersuchung eingegangen.

Die Bewertung dieses wirtschaftlich disponierten Mengengerüstes der Instandhaltungskosten mit den relevanten Faktorpreisen bzw. Bewertungsansätzen bildet den Abschluß der bedarfsorientierten Instandhaltungskostenplanung. Da sich der Kostenplan aus dem bereits optimal festgelegten Bedarfsplan an Produktionsfaktoren und dessen Bewertung mit den Faktorpreisen ergibt, die Bewertung des Einsatzes der Produktionsfaktoren der Instandhaltung jedoch keine prinzipiellen Unterschiede etwa zum Fertigungsbereich aufweist, erscheint es zweckmäßig, im abschließenden siebten Kapitel allein die Grundsätze der Bewertung

des geplanten Produktionsfaktorbedarfs der Instandhaltung zusammenfassend aufzuzeigen und sie exemplarisch zu erläutern. Im Vordergrund stehen dabei Ausführungen, die auf die für die einzelnen Produktionsfaktoren relevanten Preissysteme und deren adäquater Verknüpfung mit den Faktorbedarfsmengen Bezug nehmen.

Hauptanliegen dieser Untersuchung ist es, die einzelnen, jeweils optimal zu gestaltenden, in der Literatur bisher nur fragmentarisch behandelten Teilpläne einer unmittelbar am Instandhaltungsbedarf orientierten Planung der Instandhaltungskosten in ihrem Inhalt und ihrer Struktur sowie ihren engen, wechselseitigen Interdependenzen geschlossen darzustellen. Einen zusammenfassenden Überblick über die einzelnen Teilpläne einer so verstandenen Instandhaltungskostenplanung vermittelt der zweite Abschnitt des zweiten Kapitels. Im Hinblick auf die Gestaltung dieser Teilpläne bleibt die vorliegende Arbeit nicht bei deren reiner Beschreibung stehen, sondern es werden jeweils weiterführende Ansätze zur Lösung bestehender Probleme aufgezeigt bzw. zumindest angedeutet.

Erstes Kapitel

Begriff, Wesen und Arten von Instandhaltungskosten

A Begriff und Wesen der Instandhaltungskosten

I. Vorbemerkungen

Die zunehmende Bedeutung der Instandhaltung und der Instandhaltungskosten in der Praxis kann als ein Anlaß dafür gesehen werden, daß in der letzten Zeit in verstärktem Maße betriebswirtschaftlich orientierte Beiträge zur Planung und Steuerung der Instandhaltung erschienen sind[1].

---

1) Hier sind vor allem zu erwähnen (nach Erscheinungsjahren geordnet): ROSE, Gerd: Die Synchronisation von Anlagenerneuerung und technischem Fortschritt, Diss. Köln 1954; DIETZ, Helmut: Die Durchführung von Reparaturplanungen und deren Bedeutung für die Stabilisierung der Kapazität in einem gemischten Eisen-Hütten-Werk, Diss. Nürnberg 1960; TIEBEL, Conrad: Unterhaltungs- und Erneuerungskosten von Fahrzeugen und Fahrwegen der öffentlichen Nahverkehrsmittel, Diss. Aachen 1960; MUSIL, Engelbert Peter: Instandhaltungspolitik - Erhaltung und Nutzungsdauer von Anlagen, Diss. Wien 1963; RIETDORF, Bernd: Die planmäßige Anlagenerhaltung von Werkzeugmaschinen und ihr Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit eines Fertigungsbetriebes, Diss. Aachen 1963; NEWBROUGH, E. T.: Effective Maintenance Management, New York 1967; BUSSMANN, Karl F. und MERTENS, Peter (Hrsg.): Operations Research und Datenverarbeitung bei der Instandhaltungsplanung, Stuttgart 1968; MERTENS, Peter: Die gegenwärtige Situation der betriebswirtschaftlichen Instandhaltungstheorie, in: ZfB, 38. Jg. (1967), S. 805-836; OPFERMANN, Klaus: Kostenoptimale Zuverlässigkeit produktiver Systeme, Wiesbaden 1968; KRESS, Heinz: Untersuchungen zur Bestimmung der optimalen Organisation von Instandhaltungsarbeiten an Fertigungsmaschinen bei Werkstättenfertigung anhand eines Simulationsmodells, Diss. München 1968; MÄNNEL, Wolfgang: Wirtschaftlichkeitsfragen der Anlagenerhaltung, Wiesbaden 1968; REDEKER, Georg: Technische und betriebswirtschaftliche Grundlagen für die Methodenwahl bei der Erhaltung betrieblicher Anlagen,

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Die Verwendung des Begriffs "Instandhaltung" als zusammenfassende Bezeichnung für die (im folgenden noch ausführlich zu erläuternden) Aufgaben der Vermeidung und Reduzierung des Verschleißes[2] von Betriebsmitteln und der daraus resultierenden wirtschaftlichen Nachteile scheint sich besonders seit Beginn der siebziger Jahre gegenüber anderen Begriffen, wie z. B. Erhaltung[3], Anlagenunterhaltung[4], Anlagenerhaltung[5], Fabrikinstand-

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
Diss. Hannover 1969; WOLFF, Manfred: Optimale Instandhaltungspolitiken in einfachen Systemen, Berlin - Heidelberg - New York 1970; RINNE, Horst: Strategien der Instandhaltung, Meisenheim am Glan 1972; SCHELO, Stephan Jürgen: Integrierte Instandhaltungsplanung und -steuerung mit elektronischer Datenverarbeitung, Berlin 1972; ORDELHEIDE, Dieter: Instandhaltungsplanung, Wiesbaden 1973; ARBEITSKREIS INSTANDHALTUNG DER SCHMALENBACH-GESELLSCHAFT: Instandhaltung - ein Management-Problem, Arbeitsbericht des Arbeitskreises Instandhaltung der Schmalenbach-Gesellschaft, Forschungsbericht des Landes Nordrhein-Westfalen, Nr. 2383, Köln 1974; BÖTTCHER, Jürgen: Zur Ermittlung optimaler Strategien für den Ersatz von Baueinheiten, Leipzig 1974; KÜPPER, Willi: Planung der Instandhaltung, Wiesbaden 1974; SCHEER, August-Wilhelm/ Instandhaltungspolitik, Wiesbaden 1974; HERZIG, Norbert: Die theoretischen Grundlagen betrieblicher Instandhaltung, Meisenheim am Glan 1975; MIDDELMANN, Ulrich: Planung der Anlageninstandhaltung, Wiesbaden 1977; ARBEITSKREIS ANLAGENWIRTSCHAFT DER SCHMALENBACH-GESELLSCHAFT: Instandhaltung - ein Managementproblem der Anlagenwirtschaft, Arbeitsbericht des Arbeitskreises Anlagenwirtschaft der Schmalenbach-Gesellschaft, Köln 1978.

2) Vgl. zum Begriff des Verschleißes als Veränderung der stofflich-technischen Beschaffenheit von Anlagen MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 29f..

3) Vgl. hierzu etwa HENNIG, Karl-Wilhelm: Betriebswirtschaftslehre der industriellen Erzeugung, Wiesbaden 1960, S. 123.

4) So SCHULZ, Carl Ernst: Die Anlagenunterhaltungskosten, in: Der Wirtschaftstreuhänder, Jg. 1943, Heft 3, S. 144-150, hier S. 144; WOLKERSDORF, Lorenz: Wesen und Bedeutung der Anlagenintensität im Industriebetrieb, Diss. Frankfurt/Main 1956, S. 128-136; HOFMANN, Rolf: Die Probleme der Planung, Durchführung und Überwachung von Investierungen in der Eisen- und Stahlindustrie unter besonderer Berücksichtigung der Situation nach dem 2. Weltkrieg, Diss. Frankfurt/Main 1954, S. 43f.

5) So z. B. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen (der Anlagenerhaltung); DEHNE, Willi: Kostensparende Anlagenerhaltung mit Hilfe der Erzeugungsbetriebe, in: Stahl und Eisen, 88. Jg. (1968), Nr. 4, S. 169-171.

haltung[6] und ähnlichen, durchzusetzen. Abweichend von dieser Tendenz zur terminologischen Vereinheitlichung sind bezüglich der inhaltlichen Ausfüllung des Begriffs Instandhaltung in der Literatur zum Teil erhebliche Differenzen festzustellen. Dies trifft vor allem für die in dieser Arbeit als Verschleißbeobachtung, Verschleißhemmung und Verschleißbeseitigung bezeichneten Maßnahmen der Instandhaltung zu[7]. Daher ist für die Abgrenzung der Instandhaltungskosten insbesondere eine auf die Extensionen des Begriffs Instandhaltung und ihrer einzelnen Funktionen abstellende begriffliche Klärung erforderlich[8]. Dies zeigt sich besonders dann deutlich, wenn man sich bemüht, die Funktionen der Instandhaltung als einem Teilgebiet der "Anlagenwirtschaft"[9] von deren anderen Aktivitätsfeldern abzugrenzen[10]. In der Literatur wird dieses Problem zwar auch diskutiert, allerdings zumeist beschränkt auf die Unterscheidung zwischen Instandhaltung und Anlagenverbesserung sowie zwischen Instandhaltung und Anlagenersatz.

---

6) Vgl. z. B. GÖTZFRIED, Franz: Wirtschaftliche Fabrikinstandhaltung, in: Technisches Zentralblatt für praktische Metallbearbeitung, 59. Jg. (1965), Heft 2, S. 119-122, Heft 4, S. 265-268, Heft 6, S. 41o-412 und Heft 9, S. 648-65o.

7) Auf andere Bezeichnungen in der Literatur soll hier nicht im einzelnen eingegangen werden; zu einer kritischen Analyse dieser Begriffe sei verwiesen auf MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 38-41 sowie DERSELBE: Vorbeugende Instandhaltung, eine Einführung und Bibliographie, in: Schriftenreihe "Arbeitsvorbereitung", Heft 6, hrsg. vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung e. V., Frankfurt/Main und Berlin 1971, S. 6f.

8) Vgl. zu den Möglichkeiten der Klärung von Begriffen durch die Beschreibung des Begriffumfangs (Extension) und Begriffinhalts (Intension) etwa CHMIELEWICZ, Klaus: Forschungskonzeption der Wirtschaftswissenschaft, 2. Aufl., Stuttgart 1979, S. 55-57 (bzw. allgemein zu Grundproblemen der Begriffsbildung S. 49-59) und die dort angegebene Literatur.

9) Vgl. zum Wesen und Inhalt der Anlagenwirtschaft MÄNNEL, Wolfgang: Abgrenzung und organisatorische Einordnung der Anlagenwirtschaft im Industriebetrieb, in: ZfbF (Kontaktstudium), 3o. Jg. (1978), Heft 3, S. 51-59; DERSELBE: Die Stellung der Instandhaltung im Rahmen der Anlagenwirtschaft, in: Instandhaltung - Ein Managementproblem der Anlagenwirtschaft, S. 17-61, hier besonders S. 25-37.

1o) Vgl. hierzu den Abschnitt A II. 1. dieses Kapitels.

Für eine möglichst umfassende, auf die Funktionen der Instandhaltung abstellende Abgrenzung der Instandhaltungskosten ist darüber hinaus zu untersuchen, ob und inwieweit Instandhaltungskosten durch die Übernahme von Instandhaltungsaktivitäten in anderen Unternehmensbereichen entstehen[11]. Dabei wird auf die Objekte der Instandhaltungsleistungen noch nicht näher eingegangen. Später[12] werden auch solche Probleme der Abgrenzung der Instandhaltungskosten aufgezeigt, die sich aus einer unterschiedlichen Festlegung der Instandhaltungsobjekte ergeben.

Schließlich bereitet die Einordnung von vielfach als "Ausfallkosten" bezeichneten Erfolgskomponenten Probleme, die zusätzlich eine Abgrenzung zwischen diesen und den Instandhaltungskosten erforderlich machen.

Als Kosten sollen hier grundsätzlich "...geldliche Äquivalente leistungsbezogener Güterverbräuche..."[13] definiert werden.

---

11) Vgl. hierzu den Abschnitt A II. 2. dieses Kapitels.
12) Vgl. hierzu den Abschnitt A III. dieses Kapitels.
13) HUMMEL, Siegfried: Wirklichkeitsnahe Kostenerfassung, Berlin 197o, S. 192. Vgl. demgegenüber zum pagatorischen und wertmäßigen Kostenbegriff sowie zur Diskussion beider Begriffe KOCH, Helmut: Grundprobleme der Kostenrechnung, Köln und Opladen 1966; HUMMEL, Siegfried und MÄNNEL, Wolfgang: Kostenrechnung 1, Wiesbaden 1978, S. 63-65; KOSIOL, Erich: Kritische Analyse der Wesensmerkmale des Kostenbegriffs, in: Betriebsökonomisierung durch Kostenanalyse, Absatzrationalisierung und Nachwuchserziehung, Festschrift für Rudolf Seyffert zu seinem 65. Geburtstag, hrsg. v. Erich KOSIOL und Friedrich SCHLIEPER, Köln und Opladen 1958, S. 7-37; MENRAD, Siegfried: Kosten und Leistung, in: Handwörterbuch des Rechnungswesens, hrsg. v. Erich KOSIOL, Stuttgart 197o, Sp. 87o-879; HEINEN, Edmund: Betriebswirtschaftliche Kostenlehre, 5. Aufl., Wiesbaden 1978, S. 55-1o7.

II. Auf die Funktionen der Instandhaltung abstellende Abgrenzung der Instandhaltungskosten

1. Abgrenzung der Instandhaltungskosten von den Kosten anderer Aufgabenfelder der Anlagenwirtschaft

a) Instandhaltung als Teilgebiet der Anlagenwirtschaft

Im Rahmen einer objekt-(produktionsfaktor-)bezogenen Einteilung eines Unternehmens in (zumindest) die Bereiche Anlagen-, Personal-, Material-, Informations-, Finanzwirtschaft und weitere übernimmt die Anlagenwirtschaft[14] die Planung, Durchführung und Kontrolle aller Aufgaben, die sich auf den Produktionsfaktor Anlagen beziehen[15], wie sie in der folgenden Abbildung[16] schematisch dargestellt sind[17].

---

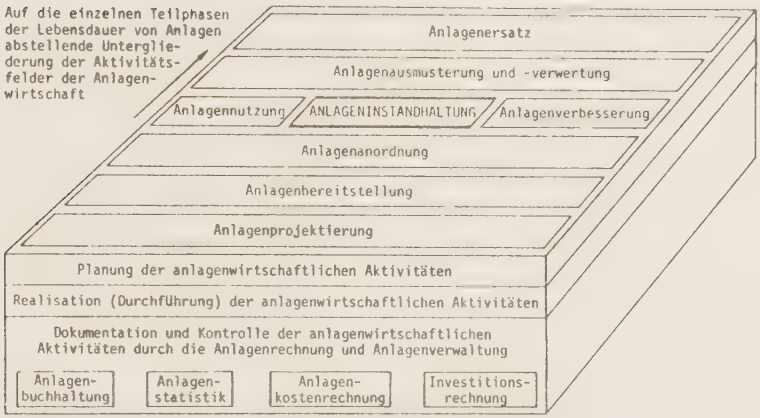
14) Zu alternativen Möglichkeiten der organisatorischen Einordnung der Anlagenwirtschaft in das Unternehmen insgesamt vgl. MÄNNEL, W.: Stellung der Instandhaltung, S. 53-61; WAGNER, H.: Modelle für organisatorische Lösungen zur Anlagenwirtschaft, in: Fachtagung Instandhaltung '77. Anlagenwirtschaft/Anlagenwesen, Wiesbaden, 13. und 14. Oktober 1977, hrsg. vom DEUTSCHEN KOMITEE INSTANDHALTUNG o. O. 1977, S. III/1-18.

15) So MÄNNEL, W.: Stellung der Instandhaltung, S. 32; DERS.: Anlagen und Anlagenwirtschaft, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, hrsg. von Erwin GROCHLA und Waldemar WITTMANN, 4. Aufl., Stuttgart 1974, Bd. 1, Sp. 138-147; DERSELBE: Anlagenwirtschaft, Organisation der, in: Handwörterbuch der Organisation, hrsg. von Erwin GROCHLA, 2. Aufl., Stuttgart 1980, Sp. 65-78; HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 113f.

16) Die Abbildung ist entnommen aus MÄNNEL, W.: Stellung der Instandhaltung, S. 35.

17) Zu den Aufgaben der Anlagenwirtschaft vgl. im einzelnen MÄNNEL, W.: Stellung der Instandhaltung, S. 34-37; DERS.: Anlagenwirtschaft, Organisation der; DERS.: Abgrenzung und organisatorische Einordnung der Anlagenwirtschaft; FAEHNDRICH, Henner: Die Aufgaben der industriellen Anlagenwirtschaft, in: Industrielle Organisation, 32. Jg. (1963), Nr. 1, S. 23-29; MIDDELMANN, Ulrich: Bedarfsorientierte Planung von Instandhaltungskosten, in: KRP, Jg. 1977, Heft 6, S. 259-268, hier S. 259; SCHMALENBACH-GESELLSCHAFT: Anlagenwirtschaft - Teil einer erfolgreichen Unternehmensführung, Fachgespräch im Haus der Technik e. V., Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Abb. 1.1: Die Stellung der Anlageninstandhaltung innerhalb des gesamten Aktivitätsfeldes der Anlagenwirtschaft



Innerhalb dieses gesamten Aktivitätsfeldes der Anlagenwirtschaft ist die Instandhaltung ein Teilgebiet, bei dessen Planung, Realisation und Kontrolle eine Vielzahl von Wechselbeziehungen zu den anderen Aufgabenfeldern zu berücksichtigen ist[18].

Insbesondere aus diesem Grund wird in der Literatur zunehmend die Forderung erhoben, von der isolierten Betrachtung der Kosten einzelner anlagenwirtschaftlicher Aufgabenfelder abzugehen, um der Fundierung und Kontrolle

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
Essen 1976; VOIGT, Jürgen-Peter: Erfassung, Auswertung und Nutzung von Schadendaten in der Eisen- und Stahlindustire, Diss. Braunschweig 1973. Weniger differenziert, jedoch in ähnlicher Ausrichtung vgl. ORDELHEIDE, D.: Instandhaltungsplanung, S. 11; SCHÄRER, Frank: Instandhaltungsorganisation im Großbetrieb, in: Industrielle Organisation, 43. Jg. (1974), Heft 5, S. 235-242, hier S. 235; sehr grob differenziert HERZIG (N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 117) nur in Investition, Instandhaltung und Desinvestition als den Subsystemen der Anlagenwirtschaft.

18) Zu den Wechselbeziehungen zwischen der Instandhaltung und den anderen anlagenwirtschaftlichen Aufgabenfeldern vgl. insbesondere MÄNNEL, W.: Stellung der Instandhaltung, S. 37-51.

anlagenwirtschaftlicher Entscheidungen sämtliche hierauf Einfluß ausübenden "Anlagenkosten" zugrundezulegen[19]. Dazu ist eine wesentliche Voraussetzung, daß die kostenmäßigen Auswirkungen von Aktivitäten in einzelnen anlagenwirtschaftlichen Aufgabenfeldern auf die übrigen Anlagenkosten erfaßt werden. Im folgenden wird untersucht, ob und inwieweit in anderen anlagenwirtschaftlichen Aufgabenfeldern Aktivitäten ergriffen werden, die sich auf die Instandhaltungskosten auswirken bzw. welche dieser Aktivitäten aus funktionalorientierter Sicht sogar unmittelbar Verschleißbeobachtungs-, -hemmungs- oder -beseitigungsmaßnahmen sind, deren Kosten dann den Instandhaltungskosten zuzurechnen wären. Diese Analyse ist umso bedeutsamer, je mehr solche Fragestellungen einer Lösung zuzuführen sind, die sich etwa auf den Vergleich der Instandhaltungskosten mehrerer Anlagen, auf die Festlegung der Instandhaltungskapazitäten oder auf die Planung der Instandhaltungskosten beziehen.

Daher ist im folgenden zu untersuchen, ob und inwieweit im Rahmen anderer anlagenwirtschaftlicher Aktivitätsfelder Funktionen der Instandhaltung - Beobachtung, Hemmung und Beseitigung des Verschleißes (Veränderung der stofflich-technischen Beschaffenheit von Anlagen(elementen)[20] -

---

19) Vgl. hierzu MÄNNEL, Wolfgang: Neuere Entwicklungslinien auf dem Gebiet der Kosten-, Leistungs- und Erfolgsrechnung, in: Die Betriebswirtschaft, 37. Jg. (1977), Heft 4, S. 627-646, hier S. 6 . Vgl. weiterhin SCHUSTER (Eberhard: Durch instandhaltungsgerechte Konstruktion zur Verringerung des Instandhaltungsaufwandes, in: Bergbautechnik, 17. Jg. (1967), Heft 6, S. 299-305, hier S. 299), der fordert, den Aufwand für die Herstellung, Instandhaltung und Bedienung insgesamt zu sehen; STEFFEN, Reiner: Ermittlung von Anlagenkosten auf der Grundlage betriebswirtschaftlicher Instandhaltungsstrategien, in: ZwF, 69. Jg. (1974), Heft 6, S. 303-306.

20) Dieser von MÄNNEL (W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 29f.) geprägte Verschleißbegriff hat sich in der neueren betriebswirtschaftlich orientierten Literatur weitgehend durchgesetzt. Vgl. dazu etwa DAHMEN, Ulrich: Die wirtschaftliche Nutzungsdauer von Anlagen unter Berücksichtigung von Instandhaltungsmaßnahmen, Meisenheim am Glan 1975, S. 9; STEFFEN, Reiner: Analyse industrieller Elementarfaktoren in produktionstheoretischer Sicht, Berlin 1973, S. 57.

übernommen werden. Zugleich ist aufzuzeigen, ob die der Ausführung dieser Funktionen anfallenden Kosten zu den Instandhaltungskosten zu rechnen sind bzw. welche Abgrenzungsprobleme und welche kostenrechnerischen Zurechnungsprobleme auftreten.

In diesem Zusammenhang ist vorweg anzumerken, daß sich in einigen Fällen bestimmte Kosten nicht einer der (Teil-)-Funktionen der Instandhaltung allein zurechnen lassen, sondern nur diesen insgesamt, weil diese (Teil-)Funktionen wiederum sehr eng miteinander verknüpft sind.

b) Kosten der Verschleißbeobachtung

Der Begriff "Verschleißbeobachtung" läßt sich in funktionaler Sicht unterschiedlich weit fassen. Bei sehr enger Auslegung werden hiermit nur die unmittelbar zur Feststellung des Verschleißes führenden Maßnahmen, wie etwa insbesondere Inspektionen, angesprochen[21]. Neben solchen "direkten" Maßnahmen der Verschleißbeobachtung können jedoch auch andere, eher als "indirekt" zu bezeichnende Maßnahmen, wie beispielsweise Kontrollen des Verbrauchs an Betriebsstoffen u. ä., eine Feststellung des Verschleißzustandes einer Anlage oder eines Anlagenelementes herbeiführen und somit der Verschleißbeobachtung zuzurechnen sein[22]. Schließlich kann man den Be-

---

21) In diesem Sinne verstehen die Verschleißbeobachtung etwa MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 64; SCHELO, S. J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 2o; SERGEANT, F.: Geplante Instandhaltung und Wartung in der Stahlindustrie, in: Arbeitsstudium und Instandhaltung, hrsg. von REFA e. V., Berlin, Köln, Frankfurt/Main 1963, S. 41-52, hier S. 43.

22) Diese Untergliederung der Kategorien von Inspektionsmaßnahmen schlägt vor MÄNNEL, Wolfgang: Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Inspektionen, in: Fachtagung Instandhaltung '78, Inspektion. Wiesbaden, 17. und 18. Oktober 1978, hrsg. vom DEUTSCHEN KOMITEE INSTANDHALTUNG, o. O., o. J. (1978), S. III/1-III/2o, hier S. III/3; vgl. hierzu auch VOIGT, J.-P.: Erfassung, Auswertung und Nutzung von Schadendaten, S. 43; DAHMEN, U.: Nutzungsdauer. S. 25; GROTHUS (Horst: Die Total Vorbeugende Instandhaltung, Dorsten 1973, Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

griff so umfassend verstehen, daß zur Verschleißbeobachtung auch solche Maßnahmen zu zählen sind, die mit der Erstellung und Auswertung von Verschleißstatistiken (wie z. B. Lebensdauerstatistiken, "Anlagensterbetafeln" u. ä.) zur Feststellung der Verschleißentwicklung verbunden sind[23].

Wenngleich die Verschleißbeobachtung den Verschleiß selbst nicht beeinflußt, sondern nur ermittelt und daher auch als "indirekte" Funktion der Instandhaltung beurteilt wird[24], ist sie bezüglich ihrer Bedeutung durchaus den "direkten" Funktionen (Verschleißhemmung und -beseitigung) gleichzusetzen. Dies kommt insbesondere dadurch zum Ausdruck, daß sie die für die Planung und Durchführung der anderen Instandhaltungsmaßnahmen notwendigen informatorischen Grundlagen liefert[25]. Diese Erkenntnis führt auch in der Praxis dazu, Verschleißhemmungs- und insbesondere Verschleißbeseitigungsstrategien - wegen unzureichender anderer Informationen - zunehmend auf Verschleißbeobachtungsstrategien aufzubauen[26]. Die zu

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
S. 69) bezeichnet diese beiden Möglichkeiten als analytische Zustandskontrolle und synthetische Funktionskontrolle.

23) Diesen weiten Begriff der Verschleißbeobachtung wählt z. B. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeit von Inspektionen, S. III 12f.. Zur Gewinnung der letztgenannten Informationen vgl. die bei MÄNNEL (W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 86, Fußnote 78) zitierte Literatur.

24) So etwa von MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 38; DERSELBE: Inspektion von Anlagen, in: Management Enzyklopädie, Bd. 3, München 197o, S. 591-598, hier S. 591.

25) Vgl. zu der Bedeutung bzw. zum Nutzen von Verschleißbeobachtungmaßnahmen MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeit von Inspektionen, S. 1-2o; DERSELBE: Die wirtschaftlichen Aspekte der Planung von Insepktionszyklen, in: Blick durch die Wirtschaft, 16. Jg. (1973), Nr. 3o, S. 2; PIEGERT, Rudolf: Die Bedeutung der Kontrolle und Überwachung der automatischen Werkzeugmaschinen, in: Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Maschinenbau, Karl-Marx-Stadt, 7. Jg. (1965), Heft 5, S. 5-1o; ANDRS, Jiri: Die Inspektion in der Instandhaltung, in: Neue Hütte, 18. Jg. (1973), Heft 3, S. 147-149.

26) Zu diesem Ergebnis kommt aufgrund umfangreicher em-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

deren Gestaltung erforderliche Kenntnis der Verschleißbeobachtungskosten unterstreicht die Notwendigkeit zu untersuchen, ob und inwieweit in anderen anlagenwirtschaftlichen Aufgabenfeldern Maßnahmen ergriffen werden, deren Kosten den Verschleißbeobachtungskosten zuzurechnen sind.

Vielfach wird etwa den Anlagenbedienern die Aufgabe übertragen, die Funktionsfähigkeit der Anlagen zu überwachen[27]. Sofern hierzu Maßnahmen wie z. B. Sichtprüfungen von Anlagenteilen, Kontrolle des Betriebsstoffverbrauchs, Feststellen ungewöhnlicher Geräusche, Prüfungen der Einhaltung der Arbeitsgenauigkeit u. ä. gehören, kann man einerseits davon ausgehen, daß diese der Verschleißbeobachtung dienen und dann die für solche Maßnahmen zusätzlich entstehenden Kosten im Sinne einer funktionalorientierten Abgrenzung den Verschleißbeobachtungskosten zuzurechnen sind[28].

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite: pirischer Untersuchungen auch VOIGT (J.-P.: Erfassung, Auswertung und Nutzung von Schadendaten, S. 175-177); vgl. auch GOEBEL, Johannes Karl: Wesenszüge der Anlagen-Unterhaltung in der chemischen Industrie Amerikas, in: Chemische Industrie, 1o. Jg. (1958), S. 471-483, hier S. 473.

27) Vgl. dazu z. B. GROTHUS, H.: Die Total Vorbeugende Instandhaltung, S. 286; DERSELBE: Schwachstellen finden und beseitigen, Dorsten 1971, S. 7/3; o. V.: Organisation der planmäßigen Instandhaltung von Fertigungseinrichtungen, in: VDI-Richtlinien, hrsg. vom VDI- Nr. 3oo5, o. O. 196o, S. 1-7, hier S. 3; SCHÄRER, F.: Instandhaltungsorganisation im Großbetrieb, S. 238.

28) Vgl. so z. B. GOTTSCHALK, E. - KUBEIN, J. - MAREK, R.: Ermittlung einer Instandhaltungsstrategie für numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen, in: Fertigungstechnik und Betrieb, 23. Jg. (1973), Heft 2, S. 91-96, hier S. 92; GROTHUS, Horst: Die Planung der Abnutzungskosten industrieller Anlagen, in: REFA-Nachrichten, 16. Jg. (1963), Heft 4, S. 155-162, hier S. 155. Anderer Ansicht ist beispielsweise MIDDELMANN (U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 56-58), der als Inspektionskosten nur die Kosten für die vom Instandhaltungsbetrieb durchgeführten Verschleißbeobachtungsmaßnahmen ansieht; ebenso GIESBERT, Harald: Erfassen und Überwachen von Instandhaltungskosten, München 1969, S. 29; DEHNE, W.: Kostensparende Anlagenerhaltung, S. 169-171.

Andererseits verfolgt man mit solchen Maßnahmen, wie etwa vor allem der Beobachtung der Arbeitsgenauigkeit der Anlage die Absicht, die Qualität der von ihr erbrachten Leistungen zu kontrollieren. Weiterhin werden von den Anlagenbedienern vielfach Daten über Ausfälle und Stillstandszeiten der Anlagen erfaßt und (z. B. schriftlich oder auf dem Wege der on-line Datenerfassung) gespeichert. Denn diese Informationen lassen sich sowohl für die Planung und Kontrolle der Anlagennutzung(szeiten) als auch für die Planung von Instandhaltungsstrategien verwenden. Im Hinblick auf den letzteren Zweck ist die Erfassung der Daten eine Maßnahme zur Feststellung der Verschleißentwicklung im Zeitablauf. Schließlich wird häufig der Zustand von Anlagenteilen beim Umrüsten der Anlagen von den Anlagenbedienern gleichzeitig, zum Teil sogar fast zwangsläufig[29], inspiziert. Bei solchen, mehreren Zielen gleichzeitig dienenden Maßnahmen ist eine eindeutige Zuordnung der durch sie verursachten Kosten den Verschleißbeobachtungs- oder Anlagennutzungskosten nicht möglich.

Allerdings bleibt selbst dann, wenn im Rahmen der Anlagennutzung solche Maßnahmen zusätzlich, mit dem ausschließlichen Ziel der Verschleißbeobachtung ergriffen werden, ein Kostenerfassungs- und -zurechnungsproblem insofern bestehen, als mit der innerbetrieblichen Leistungsverrechnung nur die durch solche Maßnahmen zusätzlich entstehenden Kosten verrechnet, hier also den Verschleißbeobachtungskosten zugerechnet werden dürfen. Zusätzliche Kosten entstehen aber in diesem Fall vielfach gar nicht oder aber nur als (Opportunitäts-)Kosten aufgrund der nicht genutzten Möglichkeit einer Reduzierung der personellen Kapazität für die Anlagenbedienung. Dann müßten bei einer Entscheidung über den Umfang solcher Verschleißbeobachtungsmaßnahmen allerdings diesen zusätzlichen (Opportunitäts-)Kosten die im Instandhaltungsbereich gegebenenfalls ersparten Kosten (Opportunitätserlöse) gegenübergestellt werden.

---

29) Vgl. GOTTSCHALK, E. u. a.: Ermittlung einer Instandhaltungsstrategie, S. 92.

Aber nicht erst während der Anlagennutzung, sondern schon bei der Aufstellung der Anlagen entsteht ein Problem für die Abgrenzung der Verschleißbeobachtungskosten dann, wenn etwa die Kosten eines ersten Probelaufs der Anlage verursachungsgerecht zugerechnet werden sollen. Dieser Probelauf läßt sich nämlich einerseits als erste "Inspektion" der Anlage verstehen[30] und insofern sind auch die hierfür zusätzlich anfallenden Kosten zu den Verschleißbeobachtungskosten zu zählen. Andererseits dient ein solcher Probelauf in vielen Fällen auch der Kontrolle der Aufstellung der Anlage oder sogar dem ersten Rüsten der Anlage für die Anlagennutzung. Kommen mehrere dieser Aspekte gleichzeitig zum Tragen, ist eine eindeutige Trennung und Zurechenbarkeit der Kosten für den Probelauf nicht möglich; es sei denn, der Probelauf würde über die zur Erfüllung dieser Zwecke benötigte Zeit hinaus verlängert oder auf andere Weise verändert, um eine sorgfältigere Prüfung des Anlagenzustandes zu ermöglichen.

Ähnliche Abgrenzungsprobleme ergeben sich dann, wenn bei der Durchführung von Anlagenverbesserungsmaßnahmen[31]

---

30) Vgl. hierzu auch MÄNNEL, Wolfgang: Wirtschaftliche Vorteile und Möglichkeiten der Bekämpfung von Maschinenausfallschäden, in: Der Betriebsberater, Jg. 1972, Beilage zu Heft 16, S. 46-54, hier S. 53; MÄNNEL weist darauf hin, daß häufig sogar ein sogenannter Probebetrieb für einen bestimmten Zeitraum durchgeführt wird. In diesem Zusammenhang betont MÄNNEL zwar in erster Linie dessen Bedeutung für die Verhinderung von Frühausfällen von Anlagen durch das während des Probebetriebes eintretende "Voraltern" (Einlaufen); andererseits kann ein solcher Probebetrieb aber auch Aufschluß über die Verschleißgeschwindigkeit und deren Einflußfaktoren geben. Dagegen ist MIDDELMANN der Auffassung, daß Verschleißbeobachtungsmaßnahmen nur während der Nutzungsdauer der Anlagen durchgeführt werden und somit im Rahmen der Anlagenanordnung entgegen der hier vertretenen Meinung keine Verschleißbeobachtungskosten anfallen können; vgl. MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 58.

31) Vgl. zu Begriff und Inhalt sowie den Aufgaben der Anlagenverbesserung HUG, Werner: Wirtschaftlichkeitsfragen der Anlagenverbesserung, in: Unterlagen zur Lehrveranstaltung Fertigungswirtschaft V - Industrielle Anlagenwirtschaft, hrsg. von Wolfgang MÄNNEL, Dortmund 1980, S. 331-354, hier S. 332f..

gleichzeitig auch Inspektionen von Anlagenelementen vorgenommen werden.

Wird demgegenüber im Rahmen von Aktivitäten zur Anlagenausmusterung und -verwertung[32] eine Generalinspektion der betreffenden Anlage(n) durchgeführt, so sind die hierdurch verursachten Kosten aus funktionalorientierter Sicht den Verschleißbeobachtungskosten zuzurechnen.

Schließlich ist zu untersuchen, ob im Rahmen der Anlagenrechnung (und -statistik) Maßnahmen der Verschleißbeobachtung ergriffen werden und inwieweit deren Kosten den Verschleißbeobachtungskosten zuzurechnen sind.

Wird der Begriff Verschleißbeobachtung relativ weit gefaßt, so zählen dazu auch die Erstellung und Auswertung entsprechender "Verschleißstatistiken" (Lebensdauerstatistiken, "Anlagensterbetafeln" u.ä.). Allerdings erfaßt die Anlagenrechnung solche Informationen nicht zu diesem Zweck allein, sondern z. B. auch für die "Schwachstellenforschung" als Grundlage der Planung von Maßnahmen der Anlagenverbesserung sowie zur Planung und Dokumentation anderer anlagenwirtschaftlicher Aufgaben. Eine zusätzliche Besonderheit weisen diese Maßnahmen der Anlagenrechnung insofern auf, als sie für die Entwicklung von Inspektionsstrategien vielfach erst die informatorischen Grundlagen liefern. Kosten, die für solche Maßnahmen der Anlagenrechnung anfallen, sind allenfalls dann den Verschleißbeobachtungkosten zuzurechnen, wenn dafür effektiv zusätzliche, relevante Kosten verursacht werden - wie z. B. für gesonderte, allein zur Feststellung der Verschleißentwicklung einer bestimmten Anlagen durchgeführte Sonderprojekte.

---

32) Vgl. zum Begriff und Inhalt der Anlagenausmusterung und -verwertung FAEHNDRICH, Henner: Die Ausmusterung von Betriebsmitteln als betriebswirtschaftliches Problem, in: Industrielle Organisation, 34. Jg. (1965), Nr. 5, S. 193-209; MÄNNEL, Wolfgang: Anlagenausmusterung und -verwertung als Wirtschaftlichkeitsproblem, in: Unterlagen zur Lehrveranstaltung Fertigungswirtschaft V, Industrielle Anlagenwirtschaft, hrsg. von Wolfgang MÄNNEL, Dortmund 1980, S. 355-379.

Außer den bisher angesprochenen Maßnahmen, die in anderen Aufgabenfeldern der Anlagenwirtschaft übernommen werden und vielfach unmittelbar zur Verschleißbeobachtung zu zählen sind, ist noch eine Reihe weiterer, eher mittelbar zur Verschleißbeobachtung zu rechnender anlagenwirtschaftlicher Aktivitäten zu untersuchen. Als mittelbar der Verschleißbeobachtung dienende Maßnahmen werden hier solche angesprochen, die Art, Qualität, Dauer, Ort und Zahl der während der Lebensdauer der Anlagen durchzuführenden Verschleißbeobachtungsmaßnahmen und deren Kosten beeinflussen.

Diesbezüglich treten Abgrenzungsprobleme bereits bei der Projektierung und Bereitstellung[33] von Anlagen auf. Obwohl während dieser beiden ersten Phasen des "Lebenszyklus'" einer Anlage in der Regel noch kein Verschleiß auftreten[34] und daher auch nicht beobachtet werden kann, ist doch eine Reihe von Maßnahmen durchführbar, die in engem Zusammenhang mit der Verschleißbeobachtung zu sehen sind.

Dies sind zum einen Maßnahmen, die gewissermaßen als Bereitstellung von Produktionsfaktoren für die Instandhaltung eingeordnet werden können. Hierzu zählen beispielsweise die konstruktive Einplanung und Auswahl von Instrumenten, die (später) direkt die Verschleißmessung übernehmen[35] und die Bereitstellung (Herstellung) entsprechend ausgerüsteter Anlagen.

Zum anderen - und das spiegelt sich auch in der häufig in der Literatur gestellten Forderung nach einer instand-

---

33) Vgl. hierzu insgesamt DAHLEMS, Rolf: Grundfragen der Anlagenbereitstellung, Diss. Dortmund 1980.

34) Hier wird somit von dem Fall abgesehen, daß während einer relativ langen Herstellungsdauer einer Anlage zwischenzeitlich durchaus ein Verschleiß auftreten kann.

35) Vgl. so z. B. WEBER, Wilhelm: Werkzeugüberwachung an automatisierten Fertigungsstraßen in USA, in: Werkstatt und Betrieb, 87. Jg. (1954), Heft 12, S. 767-769.

haltungsarmen[36] oder sogar instandhaltungsfreien[37] bzw. instandhaltungsgerechten[38] Konstruktion von Anlagen wieder - sind dies Maßnahmen, die die Verschleißbeobachtung erleichtern, beschleunigen oder die Zahl der Maßnahmen reduzieren.

Beispielsweise kann eine Anlage so konstruiert werden, daß Sichtfenster eine einfache und schnelle Kontrolle wichtiger Anlagenteile erlauben[39], daß einfache Verschleißbeobachtungsverfahren anwendbar sind[40], daß die Verschleißbeobachtung am Standort der Anlage möglich ist usw.. Eine Reduzierung der Zahl der Verschleißbeobachtungsmaßnahmen läßt sich beispielsweise durch eine "robuste" Konstruktion und die Verwendung verschleißfester

---

36) Vgl. z. B. SIEBOLD, Klaus: Aufgaben und weitere Entwicklung der Instandhaltung in der Energiewirtschaft, in: Neue Bergbautechnik, 1. Jg. (1971), Heft 3, S. 164-169, hier S. 167; THÄMER, Reinhard: Konstruktive Maßnahmen zur Erzielung niedriger Instandhaltungskosten, in: Schmiertechnik und Tribologie, 15. Jg. (1968), Heft 3, S. 115-12o.

37) Vgl. GROTHUS, Horst: Schadensfreie Anlagenkonstruktionen, höchste Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit, niedrigste Instandhaltungskosten, Dorsten 197o; SIEBOLD, K.: Aufgaben und weitere Entwicklung, S. 167.

38) Vgl. z. B. HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 189-194; SCHUSTER, E.: Instandhaltungsgerechte Konstruktion, S. 299-3o5; GROTHUS, Horst: Schadensgerechte Konstruktion technischer Anlagen, in: Industrielle Organisation, 4o. Jg. (1971), Nr. 5, S. 216-224; LASCH, K.: Instandhaltungsgerechte Konstruktion von Maschinen, in: Der Maschinenbau, 16. Jg. (1967), Heft 5, S. 2o1-2o5; KURZ, D.: Erleichterte Betriebsmittelinstandhaltung durch zweckmäßige Konstruktionen, insbesondere bei Transferstraßen, in: Industrie-Anzeiger, 81. Jg. (1959), Nr. 69/7o, S. 11o9-1114; WIEGEL, Heinrich: Transparenz der Instandhaltekosten - ein Mittel zur Betriebsführung, in: Stahl und Eisen, 88. Jg. (1968), Nr. 4, S. 172-176, hier S. 174, 175; UHLMANN, Werner: Die planmäßige Instandhaltung automatischer Maschinenfließreihen, Karl-Marx-Stadt 1962, vor allem S. 5o-7o.

39) Vgl. z. B. GROTHUS, H.: Schwachstellen, S. 7/3.

4o) Vgl. z. B. VOIGT, J.-P.: Erfassung, Auswertung und Nutzung von Schadendaten, S. 14; MÄNNEL, W.: Stellung der Instandhaltung, S. 39.

oder -freier Materialien[41] oder auch durch die Wahl des Leasing als Bereitstellungsweg für die Anlage, insbesondere des "Maintenance Leasing"[42], erreichen.

Wenngleich somit in diesen beiden ersten Phasen der Anlagenlebensdauer und den damit verbundenen Aufgaben der Anlagenwirtschaft keine direkte Verschleißbeobachtung durchgeführt wird, stellt sich doch die Frage, ob durch die beschriebenen Maßnahmen Instandhaltungs- bzw. Verschleißbeobachtungskosten verursacht werden. Diesbezüglich wird in der Literatur zumeist die Ansicht vertreten, daß auch die mit diesem Maßnahmen verbundenen Kosten den Projektierungs- und Bereitstellungskosten zuzurechnen sind[43]. Dieser generellen Zordnung ist jedoch nur eingeschränkt zuzustimmen. Insbesondere dann, wenn spezielle Vorrichtungen zur Verschleißbeobachtung (z. B. Verschleiß-Meßinstrumente) in die Anlage eingebaut werden, sind die

---

41) Diese Maßnahmen werden allerdings wohl nur in Ausnahmefällen allein zur Reduzierung der Zahl der Verschleißbeobachtungsmaßnahmen ergriffen. In der Regel beeinflussen sie zugleich die Kosten der Verschleißhemmung und -beseitigung (darauf wird im nächsten Abschnitt näher eingegangen).

42) Vgl. zum Begriff des Maintenance-Leasing z. B. KLOPCIC, Rasto: Leasing, in: Management Enzyklopädie, 4. Bd., München 1971, S. 39-52, hier S. 41; HAX, Herbert: Die Entscheidung zwischen Kauf und Miete (Leasing) von Anlagen, in: ZfbF (Kontaktstudium), 29. Jg. (1977), Heft 2, S. 23-3o, hier S. 23. Vgl. zu dem Einfluß dieses Bereitstellungsweges auf die Instandhaltungskosten auch MÄNNEL, W.: Stellung der Instandhaltung, S. 4o.

43) Vgl. WIEGEL, H.: Transparenz der Instandhaltekosten, S. 175; KOGER, E.: Die Kosten der Instandhaltung von Produktionsmitteln, in: Zeitschrift des VDI, 94. Jg. (1952), Nr. 1, S. 15-18, hier S. 16; PEYER, Alexander: Wann sind Produktionsmaschinen instandhaltungsfreundlich?, in: Industrielle Organisation, 44. Jg. (1975), Nr. 5, S. 223-226, hier S. 223 und 225; MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 47, Fußnote 1; SCHUSTER, E.: Instandhaltungsgerechte Konstruktion, S. 299; SIEBOLD, K.: Aufgaben und weitere Entwicklung, S. 167; TAUBERT, D.: Erfassung und Auswertung der Instandhaltungskosten, in: Aktuelle Probleme der Instandhaltung, VDI-Berichte Nr. 215, Düsseldorf 1974, S. 49-57, hier S. 49; THÄMER, R.: Konstruktive Maßnahmen, S. 115.

Kosten für die Herstellung bzw. Bereitstellung und den Einbau solcher Vorrichtungen im Fall der Selbsterstellung der betreffenden Anlagen den Verschleißbeobachtungskosten zuzurechnen. Dies gilt zumindest dann, wenn die Instandhaltungskosten zweier oder mehrerer ansonsten vergleichbarer Anlagen gegenübergestellt werden sollen. Problematisch bzw. sogar unmöglich wird dies allerdings dann, wenn eine Anlage mit einer für die Verschleißbeobachtung versehenen Zusatzeinrichtung von fremden Unternehmen beschafft wird, die Kosten für diese Zusatzeinrichtung aus der Preisstellung jedoch nicht zu ersehen sind.

Noch größere Probleme treten auf, wenn man die anderen angesprochenen Maßnahmen (Wahl von Anlagen mit verschleißfesten Materialien u. ä.) im Hinblick auf die Erfassung und Zurechnung der durch sie verursachten Kosten analysiert. Zum einen werden solche Maßnahmen nicht allein zum Zweck der Verschleißbeobachtung oder zur ausschließlichen Senkung der direkten Verschleißbeobachtungskosten ergriffen; vielmehr werden dann auch die übrigen Kosten der Instandhaltung beeinflußt. Zum anderen resultiert aus solchen Maßnahmen eine Erweiterung der (effektiv nutzbaren) Kapazität der Anlagen. Insofern wird - ganz abgesehen von dem insbesondere im Fall des "Fremdbezugs" der Anlagen unlösbaren Problem der Erfassung dieser (Mehr-) Kosten - eine Zuordnung dieser Kosten zu den Verschleißbeobachtungskosten unmöglich.

In ähnlicher Weise sind die Abgrenzungsprobleme zu behandeln, die dadurch ausgelöst werden, daß auch in den anderen anlagenwirtschaftlichen Aufgabenfeldern mittelbar der Verschleißbeobachtung dienende Maßnahmen ergriffen werden. Man denke etwa daran, daß den für die Projektierung beschriebenen vergleichbare Maßnahmen durch die Anlagenverbesserung[44)] durchgeführt werden oder die An-

---

44) Vgl. z. B. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeit von Inspektionen, S. 19; GROTHUS, H.: Die Total Vorbeugende Instandhaltung, S. 69/7o.

lagenanordnung Sorge für eine gute Zugänglichkeit der Anlagen zur Verschleißbeobachtung tragen kann.

c) Kosten der Verschleißhemmung

Mit der Verschleißhemmung sind all jene Maßnahmen angesprochen, die dazu beitragen, den Verschleißprozeß erst möglichst spät beginnen zu lassen bzw. die Geschwindigkeit des Verschleißprozesses so niedrig wie möglich zu halten[45].

In sehr enger Begriffsauslegung werden hierunter nur die als Wartung und Pflege zu bezeichnenden Maßnahmen verstanden[46]. [47]

Die Aufgabe der Verschleißhemmung ist demgegenüber auch durch weitere Maßnahmen zu lösen, die sich zusammenfassen lassen zu denen der Verminderung der Beanspruchung der Anlagenelemente einerseits und denen der Verbesserung der Widerstandsfähigkeit andererseits[48]. Insbesondere dann, wenn man die Instandhaltungsfunktion "Verschleißhemmung" in diesem umfassenderen Sinn versteht, wird eine Abgrenzung zu anderen anlagenwirtschaftlichen Aufgaben erforderlich.

Ein erstes bedeutsames Abgrenzungsproblem ergibt sich bereits im Hinblick auf die im Rahmen der Anlagenprojektierung und -bereitstellung vorzunehmende Festlegung und

---

45) Vgl. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 247.
46) So MARX, Alois: Pflege, Reparatur und Wartung von Flurförderzeugen, in: Mitteilungen des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung e. V., 37. Jg. (1962), Nr. 11, S. 46-48; NAUMANN, W. und WILHELM, G.: Die planmäßige Pflege und Wartung von Werkezeugmaschinen, in: Der Maschinenbau, 13. Jg. (1964), Heft 3, S. 11o-114.
47) GIESBERT zählt selbst diese Kosten nicht zu den Instandhaltungskosten; die Wartung sei allenfalls ein "Vorläufer" der Instandhaltung; vgl. GIESBERT, H.: Erfassen und Überwachen, S. 19-22; DERSELBE: Instandhaltungskosten, in: Management Enzyklopädie, 3. Bd., München 197o, S. 599-6o5, hier S. 6o1.
48) Vgl. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 247.

Auswahl der die Eigenschaften der Anlagen bestimmenden Merkmale[49]. Deren Ausprägungen liegen nämlich in der Regel nicht von vornherein eindeutig fest, sondern können in bestimmten Grenzen (Mindestanforderungen einerseits, technische Möglichkeiten andererseits)[50] variiert werden. Hier ist insbesondere die Zuordnung solcher (zusätzlicher) Kosten zu diskutieren, die aufgrund einer (der Verschleißhemmung dienenden) Überschreitung der Mindestanforderungen[51] entstehen.

So kann beispielsweise eine "Überdimensionierung"[52] von Anlagen(elementen) deswegen vorgenommen werden, weil damit deren Beanspruchung möglichst niedrig gehalten und so eine Hemmung des Verschleißes erreicht werden soll, sodaß die hierdruch bedingt zusätzlich anfallenden Kosten - etwa für einen Vergleich der Instandhaltungskosten mehrerer diesbezüglich unterschiedlicher Anlagen - als Verschleißhemmungskosten zu erfassen sind. Dies gilt in gleicher Weise für andere Maßnahmen, die der Verhinderung von Überbeanspruchungen dienen, wie etwa den Einbau von Überlastungssicherungen, Rutschkupplungen u. a.[53]. Andererseits kann eine Überdimensionierung von Anlagen(elementen) zur Abdeckung produktionsbedingter Belastungsspitzen oder etwa auch zur Vermeidung von Gefährdungen der Umwelt gewählt werden. In diesem Fall sind die Kosten für solche in der Regel gleich-

---

49) Vgl. zu den Wesensmerkmalen von Anlagen MÄNNEL, W.: Anlagen, Sp. 138; DERSELBE: Produktionsanlagen, Eignung von, in: Handwörterbuch der Produktionswirtschaft, hrsg. v. Werner KERN, Stuttgart 1979, Sp. 1465-1481.

5o) Vgl. MIDDELMANN (U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 42), der von der "technologischen Obergrenze" im Rahmen der Anlagenherstellung spricht.

51) Diese können durch technologische, produktionsbezogene Daten oder durch Sicherheitsvorschriften u. ä. festgelegt sein.

52) Vgl. z. B. THÄMER, R.: Konstruktive Maßnahmen, S. 117,119; PEYER, A.: Wann sind Produktionsmaschinen instandhaltungsfreundlich?, S. 223. So erwähnt auch SCHUSTER die Möglichkeit der "belastungsgerechten" Konstruktion zur Schadensverhütung, SCHUSTER, E.: Instandhaltungsgerechte Konstruktion, S. 3o5.

53) Vgl. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 251; PEINEKE, H.-H.: Instandhaltung von Werkzeugmaschinen, Berlin-Göttingen-Heidelberg 195o, S. 15f.

zeitig auch der Verschleißhemmung dienende Aktivitäten auch aus funktionsorientierter Sicht nicht mehr eindeutig zurechenbar. Eine Zuordnung wird allenfalls dann möglich, wenn eine der genannten Zielsetzungen bei der Festlegung der Eigenschaft der Anlage eindeutig im Vordergrund steht und die Entscheidung für die Durchführung der beschriebenen Maßnahmen praktisch allein auf diesen Zweck zurückzuführen ist. Dieser Fall wird jedoch nur selten eintreten.

In ähnlicher Weise können auch Kosten für solche zusätzlichen Maßnahmen, die zu besonders verschleißhemmungsfreundlichen Konstruktionen[54] und hohe Festigkeitswerte aufweisenden Materialien[55] führen, einerseits zu den Verschleißhemmungskosten gerechnet werden, weil sie die Widerstandsfähigkeit der Anlagen(elemente) gegenüber den Verschleißeinflüssen erhöhen und somit den Beginn bzw. die Geschwindigkeit einer nachteiligen Veränderung der stofflich-technischen Beschaffenheit der betreffenden Anlagen(elemente) verzögern. Andererseits können solche Konstruktionen und Materialien aber auch gewählt werden, weil diese zu einer Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Anlagen beitragen[56]. Die Kosten solcher mehrfachen Ziel-

---

54) Vgl. PEYER (A.: Wann sind Produktionsmaschinen instandhaltungsfreundlich?, S. 223) erwähnt etwa den Fall der Anfertigung von "Sonderkonstruktionen..., damit z. B. ein guter Spanabfluß (bei Werkzeugmaschinen, der Verf.) erreicht wird." (S. 223); MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 32 und 39; WARNECKE, H. J.: Instandhaltungsgerechte Konstruktion, in: Industrial Engineering, 4. Jg. (1974), Heft 4, S. 315-324, hier S. 315f.; WAGNER, Heinrich: Die Verringerung des betrieblichen Erhaltungsaufwandes als Konstruktionsaufgabe, in: Stahl und Eisen, 75. Jg. (1955), Nr. 2, S. 85-89.

55) Vgl. GROTHUS, H.: Schadengerechte Konstruktion, S. 22o; MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 32 und 39; SCHUSTER, E.: Instandhaltungsgerechte Konstruktion, S. 3oo-3o2; MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 247; KÖLBEL, Herbert - SCHULZE, Joachim: Die Wirtschaftlichkeit der Werkstoffauswahl und des Korrosionsschutzes in der chemischen Industrie, in: Werkstoffe und Korrosion, 15. Jg. (1964), Nr. 2, S. 132-15o, hier S. 135-138.

56) So ist z. B. besonders im Bereich der Elektronik festzustellen, daß Röhren gegen leistungsfähigere, aber auch verschleißfestere Transistoren ersetzt werden.

setzungen dienender Maßnahmen lassen sich dann nicht eindeutig zuordnen.

Aber auch dann, wenn sich die Durchführung der angesprochenen Maßnahmen allein auf die Entscheidung zurückzuführen läßt, die Verschleißhemmungskosten während der Nutzungsdauer der Anlage zu senken, bereitet zusätzlich die Erfassung der dadurch hervorgerufenen Kosten erhebliche Schwierigkeiten. Dies zeigt sich besonders im Fall des Fremdbezugs von Anlagen; hier wird häufig nur der Gesamtpreis in der Rechnung ausgewiesen. Aber auch bei Selbsterstellung der Anlage entstehen für die beschriebenen Maßnahmen häufig keine zusätzlichen Kosten wie vor allem dann, wenn hierzu hauptsächlich (personelle) unterbeschäftigte Potentiale eingesetzt werden, die ohnehin die Projektierungs- und Herstellungsaufgaben übernehmen, da eine Schlüsselung dieser Bereitschaftskosten unzulässig ist.

Schließlich ist es - selbst wenn sich solche Kosten als Instandhaltungskosten erfassen lassen - unter Umständen dennoch problematisch, sie allein der Verschleißhemmung zuzurechnen, da die betreffenden Maßnahmen vielfach gleichzeitig auch Einfluß auf die (in späteren Lebensdauerphasen der Anlagen durchzuführenden) Verschleißbeseitigungsmaßnahmen und deren Kosten haben[57]. Zu beachten hat man das besonders dann, wenn der optimale Umfang von Verschleißhemmungs- und -beseitigungsmaßnahmen festzulegen ist.

---

57) Ein einprägsames Beispiel hierfür beschreibt TIEBEL, (C.: Unterhaltungs- und Erneuerungskosten, S. 19): "Aus den Unterhaltungsarbeiten muß eine verhältnismäßig neue Erkenntnis zur Verlängerung der Lebensdauer von Gleisbögen ... erwähnt werden: Bis vor wenigen Jahren glaubte man durch die Verwendung von sogenannten "Verbundstahlschienen" ... eine höhere Liegedauer zu erzielen. Es zeigte sich jedoch bald, daß die härteren Schienen auch eine höhere Abnutzung der Radreifen der Fahrzeuge zur Folge hatten. Die Versuche, bei Normalstahlschienen den Materialabtrag durch Aufschweißen zu ersetzen, führten zum Erfolg, so daß heute ... weitgehend von diesem Verfahren Gebrauch gemacht wird."

Die angesprochenen Maßnahmen können vielfach auch im Rahmen der Anlagenverbesserung nachträglich durchgeführt werden[58]. Dann ergeben sich ähnliche Abgrenzungsprobleme.

Eine Erhöhung der Widerstandsfähigkeit der Anlagen(elemente) gegen Verschleißeinflüsse kann auch durch die Anlagennutzung erreicht werden. Insbesondere eine "dosierte Fahrweise" während der Einlaufzeit der Anlagen[59] kann dazu beitragen, daß die Anlagen(elemente) erst ihre geplante Festigkeit erreichen. Neben dieser Erhöhung der Widerstandsfähigkeit können im Rahmen der Anlagennutzung vor allem auch Maßnahmen zur Verringerung der Beanspruchung der Anlagen(elemente) ergriffen werden. Dies läßt sich beispielsweise durch eine "vorsichtige Fahrweise" der Anlagen, eine sorgfältige Bedienung[60], die Anwendung verschleißhemmender Fertigungsverfahren, die Verwendung entsprechend aufbereiteter von der Anlage zu bearbeitender Stoffe[61] und ähnliche Aktivitäten[62] erreichen. Gleichwohl können mit solchen Maßnahmen auch andere Ziele verfolgt werden, wie etwa eine sorgsame Behand-

---

58) So konnte beispielsweise durch eine bestimmte Beschichtung von Walzen zum Färben und Drucken in Textilbearbeitungsmaschinen erreicht werden, daß die ehemals drei Stunden dauernde mühsame Reinigung auf wenige Minuten verkürzt und die Zahl der Reinigungen auf ein Drittel der ursprünglichen Zahl reduziert wurde. Vgl. hierzu o. V.: Walzenbeschichtung erleichtert Reinigung, in: Blick durch die Wirtschaft, Nr. 44, 23. 2. 1978, S. 7.

59) Vgl. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 248.

60) Vgl. PEYER, A.: Wann sind Produktionsmaschinen instandhaltungsfreundlich?, S. 224f.; HAMMER, Erwin: Aufpassen bei Werkzeugkosten, in: Instandhaltung, Jg. 1974, Heft 5, S. 26-27; MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 41; SCHUSTER, E.: Instandhaltungsgerechte Konstruktion, S. 299; MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 250. Generell nicht zu den Instandhaltungskosten bzw. Verschleißhemmungskosten werden die Kosten für diese Maßnahmen von GIESBERT gerechnet: vgl. GIESBERT, H.: Instandhaltungskosten, S. 604.

61) Vgl. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 249 und die dort angegebene Literatur.

62) MÄNNEL (W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 249) verweist auch auf Maßnahmen zur Hemmung stillstandsbedingten Verschleißes.

lung der zu verarbeitenden Stoffe, die Erzielung einer möglichst niedrigen Ausschußquote oder einer hohen Qualität der Anlagenleistung u. ä.. Auch hier bereitet die Zurechnung und Erfassung der Kosten Probleme der bereits mehrfach aufgezeigten Art.

Übernehmen dagegen die Anlagenbediener direkt (andere) Maßnahmen der Verschleißhemmung, wie etwa das Ölen und Schmieren von Anlagen oder sonstige (einfache) Wartungsarbeiten, sind die hierfür zusätzlich anfallenden Kosten grundsätzlich denen der Verschleißhemmung zuzurechnen.

Ein zumindest erheblicher Teil solcher Leistungen erfordert allerdings fast ausschließlich (mit Ausnahme der Stoffe selbst) die Inanspruchnahme personeller Potentiale. In diesem Fall ist eine verursachungsgerechte Zurechnung dieser Kosten nicht möglich.

Eine Verminderung der Beanspruchung der Anlagen läßt sich weiterhin durch Maßnahmen im Rahmen der Anlagenanordnung erzielen. Hierzu tragen beispielsweise eine Aufstellung der Anlagen auf erschütterungsfreien, gummigelagerten Fundamenten[63], die Wahl günstiger Standorte mit geringen Verschleiß hervorrufenden Einflüssen seitens der Umwelt oder auch von anderen Anlagen[64], eine

---

63) Die Bedeutung solcher und ähnlicher Lagerungen bzw. Fundamente betont auch PEYER, A.: Wann sind Produktionsmaschinen instandhaltungsfreundlich?, S. 223-224; THÄMER, R.: Konstruktive Maßnahmen, S. 118.

64) Vgl. PEYER, A.: Wann sind Produktionsmaschinen instandhaltungsfreundlich?, S. 224: "Der Standort der Werkzeugmaschinen wird ebenfalls sorgfältig ausgewählt. Neben den betrieblichen Erfordernissen spielen bei Präzisionsmaschinen die Umwelteinflüsse eine große Rolle. "Der Reiche" leistet sich einen klimatisierten Raum, andere erzielen vergleichbare Resultate, indem alle Wärmeeinflüsse, wie: Sonnenbestrahlung, Heizkörper, fremde andere Wärmequellen, Rohrleitungen usw., abgeschirmt oder vermieden werden. Man wird auch Präzisionsmaschinen nicht an Orten aufstellen, wo Erschütterungen und Vibrationen an der Tagesordnung sind, so neben einem großen Kolbenkompressor oder in der Nachbarschaft einer Gesenkschmiede. Ein letzter Punkt: Um die hochpräzise Werkmaschine herrscht peinliche Sauberkeit!"; THÄMER,

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Verringerung des Einwirkens negativer Umwelteinflüsse durch Anstriche, zusätzliche Verkleidungen[65] u. ä. bei. Insbesondere die letztgenannten Maßnahmen werden vielfach überwiegend für die Verschleißhemmung vorgenommen. Daher sind auch die hierfür zusätzlich anfallenden Kosten zu den Verschleißhemmungskosten zu zählen. Die Wahl des Standortes einer Anlage wird dagegen in der Regel in erheblichem Umfang von produktionsbedingten und anderen Einflüssen stärker, zumindest aber im gleichen Ausmaß mitbestimmt[66], so daß hier allenfalls in Abhängigkeit vom konkreten Einzelfall eine Zuordnung vorzunehmen ist. Erwähnt sei schließlich, daß auch die Herausnahme einer Anlage aus ihrer bisherigen und ihr Einsatz in einer anderen, sie weniger beanspruchenden Verwendung die Instandhaltungs- bzw. Verschleißhemmungskosten beeinflussen kann, was etwa bei Ausmusterungs- und Verwendungsentscheidungen zu beachten ist.

Zusätzlich zu diesen kann eine Reihe weiterer Maßnahmen ergriffen werden, die insbesondere die während der Lebensdauer der Anlage vorzunehmende Verschleißhemmung, und hier vor allem Maßnahmen der Verminderung der Beanspruchung (speziell die häufig als Wartung und Pflege bezeichneten Maßnahmen) hinsichtlich Art, Qualität, Dauer, Ort und Anzahl beeinflussen. Diese sollen hier nur beispielhaft genannt, hinsichtlich ihrer Kostenzuordnung aber nicht diskutiert werden, weil diesbezüglich das Gleiche gilt wie für die entsprechenden Aktivitäten, die

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
R.: Konstruktive Maßnahmen, S. 119; MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 248f.; KÖLBEL, H. - SCHULZE, J.: Wirtschaftlichkeit der Werkstoffauswahl, S. 138.

65) Vgl. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 248f.; van OETEREN, K. A.: Korrosionsschutz durch Anstrichstoffe, Stuttgart 1963.

66) Zu den Einflußfaktoren, die bei der Standortplanung von Anlagen zu berücksichtigen sind, vgl. SCHMIDT, Friedhelm: Die Bestimmung des Produktionsmittelstandortes in Industriebetrieben, Berlin 1965, vor allem S. 41-1o9; NIEDEREICHHOLZ, Christel: Heuristische Verfahren der transportkostenoptimalen Betriebsmittelzuordnung, in: ZfB, Jg. 1975, Nr. 11, S. 725-742.

Einfluß auf die Verschleißbeobachtungsmaßnahmen nehmen. Hierzu zählen generell eine wartungsarme bzw. -freie Konstruktion[67], die Einplanung und Bereitstellung automatischer Schmiervorrichtungen[68], das Erreichen einer guten Zugänglichkeit der Schmierstellen[69] und ähnliche Maßnahmen.

d) Kosten der Verschleißbeseitigung

Zu den Maßnahmen der Verschleißbeseitigung werden alle jene gerechnet, die den ursprünglichen Zustand von Anlagen(elementen) wiederherstellen, unabhängig davon, ob sie erst im Anschluß an einen wirtschaftlichen Schaden oder bereits davor durchgeführt werden[70].

Ob und inwieweit auch in anderen anlagenwirtschaftlichen Teilbereichen solche Aktivitäten übernommen werden und die dadurch verursachten Kosten erfaßbar und zurechenbar sind, ist in diesem Abschnitt zu untersuchen. Dazu ist zunächst insbesondere eine Analyse der Verschleißbeseitigungs- und Anlagenverbesserungskosten einerseits sowie der Verschleißbeseitigungs- und Anlagenersatzkosten andererseits durchzuführen. Obwohl von einigen Autoren Verbesserungs- oder Modernisierungsmaßnahmen noch ausdrück-

---

67) Vgl. SCHUSTER, E.: Instandhaltungsgerechte Konstruktion, S. 3o3; THÄMER, R.: Konstruktive Maßnahmen, S. 115.

68) Vgl. GROTHUS, H.: Schadensgerechte Konstruktion, S. 22o; UHLMANN, W.: Die planmäßige Instandhaltung automatischer Maschinenfließreihen, S. 66; PEYER, A.: Wann sind Produktionsmaschinen instandhaltungsfreundlich?, S. 223; SCHUSTER, E.: Instandhaltungsgerechte Konstruktion, S. 3o2; DAEDELOW, W.: Automatische Versorgung von Maschinenanlagen mit Fett und Öl, in: Maschine und Werkzeug, 67. Jg. (1966), Heft 18, S. 9o-92.

69) Vgl. GROTHUS, H.: Schadensgerechte Konstruktion, S. 22o; UHLMANN, W.: Die planmäßige Instandhaltung automatischer Fließreihen, S. 63, 66; WIEGEL, H.: Transparenz der Instandhaltekosten, S. 174f.; THÄMER, R.: Konstruktive Maßnahmen, S. 118-119.

7o) Vgl. zu der ausführlichen Diskussion des Begriffs "Verschleißbeseitigung" MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 38-41.

lich zur Instandhaltung gezählt werden[71], läßt sich eine Tendenz dahingehend feststellen, Instandhaltungsmaßnahmen und deren Kosten von denen solcher anderen Aktivitäten zu trennen. Neben den Verschleißbeobachtungs-[72] und -hemmungsmaßnahmen[73] betrifft dies besonders auch die Verschleißbeseitigung.

Allerdings gelingt die Trennung von Verschleißbeseitigung und Anlagenverbesserung nur dann, wenn ein eindeutiges Abgrenzungskriterium gefunden werden kann, da beide Maßnahmen auf den ersten Blick häufig das gleiche Ergebnis aufweisen. So wird z. B. mit jeder ("ausbessernden") Verschleißbeseitigungsmaßnahme die (technische[74]) Lebensdauer des betreffenden Objektes - und wenn man davon ausgeht, daß alle Teile einer Anlage für deren Funktion von Bedeutung sind - auch die Lebensdauer der gesamten Anlage in diesem engeren Sinn verlängert. So ist eine Verschleißbeseitigungsmaßnahme zu trennen, weil in beiden Fällen die Totalkapazität erhöht wird.[75]. Für die Abgrenzung beider Maßnahmen und damit auch deren Kosten müssen somit differenziertere Überlegungen angestellt werden.

---

71) Kosten für Verbesserungsmaßnahmen werden ausdrücklich zu den Instandhaltungskosten gerechnet von BROCKER, Helmut: Gedanken zur Situation der Instandhaltung, in: Arbeitsvorbereitung, 11. Jg. (1974), Heft 2, S. 37-43, hier S. 37f.; MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 64; SCHEER, August-Wilhelm: Instandhaltung, strategische Modelle zur, in: Handwörterbuch der Produktionswirtschaft, hrsg. von Werner KERN, Stuttgart 1979, Sp. 823-838, hier Sp. 823.

72) Vgl. Abschnitt A II. 1. b) dieses Kapitels.

73) Vgl. Abschnitt A II. 1. c) dieses Kapitels.

74) Vgl. zum Begriff der technischen Lebensdauer z. B. SCHNEIDER, Dieter: Die wirtschaftliche Nutzungsdauer von Anlagegütern als Bestimmungsgrund der Abschreibungen, Köln und Opladen 1961, S. 35f..

75) Auch unter Berücksichtigung der Tatsache, daß der Begriff der Lebensdauer in der Regel nicht so eng gefaßt wird, ließe sich somit durch beide Maßnahmen - von Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten abgesehen - technologisch die Lebensdauer von Anlagen (bis auf einige Ausnahmen) im Extrem unendlich verlängern.

Das zunächst scheinbar gleiche Ergebnis - Erhöhung der Totalkapazität - wird mit einer Verschleißbeseitigungsmaßnahme dadurch erzielt, daß die ursprüngliche stofflich-technische Beschaffenheit identisch und damit noch einmal eine gleich lange Lebensdauer[76] wieder hergestellt wird, während durch eine Anlagenverbesserungsmaßnahme die ursprünglichen Eigenschaften nicht nur reproduziert, sondern über das (bei der Herstellung) ehemals erzielte Maß hinaus positiv verändert werden. Insofern wird also durch die Anlagenverbesserungsmaßnahme die Lebensdauer in einem höheren Maße verlängert als es durch die Verschleißbeseitigung erreichbar wäre.

Hierzu kommt, daß auch der Arbeitsinhalt in der Regel unterschiedlich ist. Vor allem gegenüber ausbessernden Verschleißbeseitigungsmaßnahmen werden im Rahmen der Anlagenverbesserung zumeist konstruktive Änderungen an dem entsprechenden Objekt vorgenommen. Aber auch bei dem Ersatz eines Anlagenteils durch ein leistungsfähigeres wird vielfach gegenüber dem Ersatz durch ein identisches Teil die Durchführung besonderer Maßnahmen zur Einpassung dieses veränderten Teiles notwendig. Wenn auch im konkreten praktischen Einzelfall die Feststellung, ob ein Teil nun leistungsfähiger als ein anderes oder aber als mit ihm identisch zu bezeichnen ist, nicht unerhebliche Schwierigkeiten bereitet, existiert somit für die inhaltliche Abgrenzung zwischen Verschleißbeseitigung und Anlagenverbesserung dennoch ein (theoretisch) exaktes Kriterium.

Durch Anlagenverbesserungsmaßnahmen wird in der Regel eine Veränderung der Substanz oder des Wesens der betreffenden Objekte herbeigeführt. In der Literatur wird diesbezüglich auch eine Diskussion über die Verrechnung des mit solchen Leistungen verbundenen Aufwands als Erhaltungs- oder Herstellungsaufwand geführt. Darauf

---

76) Hierbei wird von Streuungen der Lebensdauer aufgrund unterschiedlicher Geschwindigkeiten des Verschleißfortschrittes abgesehen.

wird an anderer Stelle noch ausführlich eingegangen[77].

Aber selbst unter der Voraussetzung, daß das sachinhaltliche Abgrenzungsproblem als gelöst zu beurteilen ist und von daher eine Kostenzurechnung grundsätzlich möglich erscheint, bleibt eine Reihe von Ursachen bestehen, die zu erheblichen Problemen bezüglich der Zuordnung der Kosten führen. Diese resultieren letztlich daraus, daß zwischen beiden Maßnahmenkategorien vielfach ein sich auf die Zurechenbarkeit der Kosten auswirkender Verbund existiert.

Erstens sind beide Teilgebiete der Anlagenwirtschaft hinsichtlich der Durchführung der Maßnahmen häufig durch den "Träger" der Leistungserstellung - Potentiale der Instandhaltung (Personal, Maschinen, Vorrichtungen usw.) - miteinander verbunden. Anlagenverbesserungsmaßnahmen durch das Instandhaltungspersonal ausführen zu lassen, bietet sich vielfach dann an, wenn aufgrund des teilweise rein zufälligen Notwendigwerdens von Verschleißbeseitigungsmaßnahmen Instandhaltungskapazitäten aufgebaut werden, die den durchschnittlichen Bedarf übersteigen und ansonsten zumindest zeitweise nicht genutzt würden. In diesem Fall sind die Kosten der Instandhaltung (Verschleißbeseitigung) nur dann verursachungsgerecht zu ermitteln, wenn für die Instandhaltung immer nur die gleichen Potentiale in Anspruch genommen werden und sich somit durch einen generellen Verzicht auf Anlagenverbesserungsmaßnahmen Bereitschaftskosten einsparen ließen. Aber auch wenn diese Voraussetzung gegeben ist, muß zweitens die Möglichkeit des zeitlichen Verbundes aufgrund gleichzeitiger Durchführung beider Maßnahmen berücksichtigt werden. Hierbei ist zunächst an den Fall zu denken, daß Verschleißbeseitigungs- und Anlagenverbesserungsmaßnahmen an unterschiedlichen Teilen (Elementen) derselben Anlage gleichzeitig durchgeführt werden. Eine hierzu führende simultane Planung dieser beiden Teilgebiete der Anlagenwirtschaft bietet

77) Vgl. den Abschnitt A II. e) dieses Kapitels.

vor allem zwei Vorteile. So sind zum einen die aufgrund der zumeist für beide Maßnahmen vorzunehmenden Stillsetzung der Anlage ansonsten zweimal[78] anfallenden Stillsetzungs-, Stillstands- und Wiederanlaufkosten (bzw. Opportunitätskosten)[79] nur einmal in Kauf zu nehmen. Zum anderen können häufig die für die ansonsten zumindest teilweise doppelt notwendigen Demontage- und Montagearbeiten entstehenden Kosten einmal eingespart werden.

Für diesen Fall der simultanen Planung können die betreffenden Kosten (bzw. Opportunitätskosten) nicht einem der beiden Teilgebiete allein zugerechnet werden, weil diese Kosten (bzw. die Vorteile) nur aufgrund der gleichzeitigen Durchführung entstehen bzw. erzielbar sind. Möglich erscheint eine Zuordnung allenfalls dann, wenn der Zeitpunkt der Maßnahme in einem der beiden Teilgebiete der Anlagenwirtschaft isoliert geplant wird und sich der andere Teilbereich in seiner Planung an diesen Zeitpunkt kurzfristig "anpaßt". In diesem Fall kann der sich anpassende Bereich die genannten Kosten (bzw. Opportunitätskosten) zwar einsparen, muß aber in der Regel andere zusätzliche Kosten in Kauf nehmen, die sich aufgrund einer Änderung der zunächst aufgestellten isolierten Planung ergeben. Hierzu zählen beispielsweise die Kosten, die, angenommen, eine Verschleißbeseitigungsmaßnahme werde aufgrund einer solchen "günstigen Gelegenheit" auf den Zeitpunkt einer ohnehin durchgeführten Anlagenverbesserungsmaßnahme vorgezogen, wegen dieser Verkürzung des Verschleißbeseitigungszyklus' zusätzlich anfallen.

---

78) Die Stillstandskosten müssen allerdings nicht in beiden Fällen gleich hoch sein, was allein schon auf eine unterschiedliche Stillstandsdauer für jede der beiden Maßnahmen zurückzuführen sein kann.

79) Vgl. zu diesen Kosten z. B. KOLLERER, Helmuth: Die betriebswirtschaftliche Problematik von Betriebsunterbrechungen, Berlin 1978. Ausführlich wird darauf im Abschnitt D des dritten Kapitels dieser Arbeit eingegangen.

Noch enger wird der Verbund zwischen Verschleißbeseitigung und Anlagenverbesserung dann, wenn drittens beide Maßnahmen nicht nur gleichzeitig an verschiedenen Teilen einer Anlage sondern zur selben Zeit an demselben Anlagenteil vorgenommen werden. In diesem Fall werden sehr oft mit der Durchführung einer Maßnahme gleichzeitig die Ziele der anderen erreicht - wenn beispielsweise der Verschleiß an einem Teil durch eine austauschende Reparatur beseitigt werden soll und dieses Teil dann gegen ein leistungsfähigeres ausgewechselt wird. In der Regel tritt zu dem Zeit- und Objektverbund zugleich auch eine Verknüpfung über die "Träger" der Leistungserstellung. Dann sind den beiden Teilbereichen jeweils nur noch die Kosten zuzurechnen, die allein verschleißbeseitigungs- bzw. anlagenverbesserungsbedingt zusätzlich entstehen. Im Beispiel des ausgetauschten verbesserten Teiles wären die Wiederbeschaffungskosten (und hier auch nur die direkt für das Objekt, nicht aber den Beschaffungsprozeß anfallenden Kosten[8o]) eines identischen Teiles den Verschleißbeseitigungskosten zuzurechnen. Nur die darüber hinaus anfallenden Kosten sind zu denen der Anlagenverbesserung zu zählen, sofern sich diese Werte überhaupt ermitteln lassen[81]. Unter diesen Umständen bietet es sich aus Gründen der Wirtschaftlichkeit der Kostenerfassung allerdings häufig an, diese Kosten dem - unter Berücksichtigung der Zielsetzung der Maßnahme - im Vordergrund stehenden Teilgebiet zuzuordnen.

Besondere Probleme bereitet auch die Abgrenzung zwischen Verschleißbeseitigung und Anlagenersatz. Wird eine Anlage (im Sinne einer "produktionstechnischen Einheit") insgesamt ersetzt, ist dies immer Anlagenersatz und somit sind auch die hierfür entstehenden Kosten keine Instandhaltungskosten[82]. Diese zunächst sehr einfach er-

---

8o) Die (Leistungs-)Kosten des Beschaffungsprozesses sind dann nur beiden Teilgebieten gemeinsam zurechenbar.

81) Dies wird z. B. unmöglich, wenn bei Fremdbezug des Teiles nur ein dem technischen Fortschritt angepaßtes verbessertes Teil beschaffbar ist.
Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

scheinende Abgrenzung des Anlagenersatzes oder der Anlagenerneuerung (Anlagenersatz i. e. S.)[83] wird problematisch, wenn man versucht, den Begriff der Anlage näher zu umreißen[84]. Ginge man hierbei von einem einzelnen, nicht weiter zerlegbaren Anlagenelement aus, bereitete die Abgrenzung zwischen Anlagenersatz und Verschleißbeseitigung keine Schwierigkeiten, weil dann jeder (identische) Austausch dieser "Anlage" dem Anlagenersatz und jede Ausbesserung der Verschleißbeseitigung zuzurechnen wäre[85]. Legt man der Betrachtung dagegen einen üblicherweise weiter gefaßten Anlagenbegriff zugrunde, so wird darunter eine "produktionstechnische Einheit" sowohl im Sinne beispielsweise einer Werkzeugmaschine einschließlich Fundament und Zubehör als auch ein Verbund solcher "einzelner" Anlagen zu einer größeren Einheit,wie beispielsweise einer Transferstraße, verstanden[86].

Eine eindeutige allgemeingültige Abgrenzung des Begriffs "Anlage" ist somit nicht möglich[87]. Aber selbst dann, wenn man unterstellt, daß eine "Anlage" eindeutig festgelegt sei, wie dies in einem konkreten praktischen Fall möglich erscheinen mag, bleiben erhebliche Abgrenzungsprobleme bestehen. Hierbei ist daran zu denken, daß im

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:

82) Vgl. HOFFMANN, R.: Die Probleme der Planung, S. 46; MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 27.

83) Vgl. zum Begriff der Anlagenerneuerung DAHMEN, U.: Nutzungsdauer, S. 2o; HOFMANN, R.: Die Probleme der Planung, S. 46f.

84) Vgl. DAHMEN, U.: Nutzungsdauer, S. 2of.; MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 27; SCUTTER, A. K.: Repair, Renewals, Improvements and Alterations, in: Accountancy, Vol. 81 (197o), S. 726-729 und S. 769-772, hier S. 727.

85) So MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 27.

86) Vgl. HOFMANN, R.: Die Probleme der Planung, S. 43, Fußnote 1 und S. 44-46; MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 27; SCHULZ, Carl Ernst: Die Anlageeinheiten, Grundsätze zur Unterscheidung zwischen aktivierungs- und nicht aktivierungspflichtigem Aufwand, in: Die Wirtschaftsprüfung, 4. Jg. (1951), Heft 15, S. 337-341, hier S. 34o.

87) Vgl. hierzu besonders auch MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 28 und die dort wiedergegebenen Literaturmeinungen.

Rahmen der Verschleißbeseitigung zu einem Zeitpunkt mehrere Teile einer solchen Anlage erneuert (ersetzt) werden, die praktisch zu einer Erneuerung der Gesamtanlage[88] führen. In der Literatur wird hierzu die Ansicht vertreten, daß dieser Ersatz mehrerer Teile dann einem Ersatz der Gesamtanlage gleichkomme und somit nicht mehr zur Instandhaltung zu zählen sei, wenn die erneuerten Teile einen Beschaffungswert aufweisen, der Vierfünftel[89] oder Zweidrittel[90] des Wiederbeschaffungswertes der gesamten Anlage übersteigt. Aller sonstiger Ersatz sei dagegen zur Instandhaltung zu rechnen.

Kritisch ist gegen eine Festlegung der Begriffe anhand eines solchen quantitativ ausgerichteten Wertmaßstabes einzuwenden, daß sie völlig willkürlich erfolgt. Nach diesen Definitionen ist es zumindest möglich, daß mit einem oder (eher) mehreren technisch überaus wichtigen Teilen ein geringer Bereitstellungswert verbunden ist und infolgedessen ein solcher Austausch nicht als Anlagenerneuerung erfaßt würde und umgekehrt. Besonders bei sehr langlebigen Anlagen kann die Bereitstellung einiger weniger Teile nach einer relativ langen Zeit der Nutzung der Anlage erhebliche Kosten aufgrund der zwischenzeitlich eingetretenen Preissteigerungen und möglicherweise des in ihnen berücksichtigten technischen Fortschritts verursachen und dies wäre somit als Anlagenersatz aufzufassen[91]. Schließlich wird auch die Möglichkeit einer sukzessiven Anlagenerneuerung[92] nicht berücksich-

---

88) SCHULZ kommt zur folgenden Definition der Anlagenerneuerung: "Anlagenerneuerung ist also der Ersatz so wesentlicher Teile einer Anlageneinheit, daß es einem Ersatz der Anlage nahezu gleich kommt. Aller sonstiger Ersatz von Teilen einer Anlageneinheit ist dagegen Anlagenunterhaltung." SCHULZ, C. E.: Die Anlageeinheiten, S. 34o.

89) Vgl. zu diesem Ansatz SCHULZ, C. E.: Die Anlageeinheiten, S. 34o.

90) Diesen Wert nennt HOFMANN, R.: Die Probleme der Planung, S. 46.

91) "Von der Sache her besteht eben zwischen der Erneuerung einzelner Anlagengegenstände und der gleichzeitigen Erneuerung mehrerer Anlagengegenstände kein grundlegender Unterschied". So MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 28.

92) Vgl. MÄNNEL, W.: Stellung der Instandhaltung, S. 43.

tigt, wenn die jeweiligen Maßnahmen nach den genannten Maßstäben als Verschleißbeseitigungsmaßnahmen einzustufen wären, insgesamt jedoch zu einer Erneuerung der Gesamtanlage führten.

Eine weitere Abgrenzungsmöglichkeit zwischen Instandhaltung und Anlagenerneuerung sieht DAHMEN darin, zu unterscheiden, durch welche Ursache bestimmte Maßnahmen ausgelöst werden. So sollte nach seiner Meinung eine durch den Verschleiß verursachte Maßnahme zur Instandhaltung gerechnet werden und eine Maßnahme, die aufgrund der Überholung der Anlage durch andere Ursachen ergriffen wird, zu den Erneuerungsmaßnahmen[93]. Er verweist jedoch selbst auf die dann entstehenden Schwierigkeiten, die sich bei der Erfassung der Verursachung ergeben, wenn mehrere "Verbrauchsarten"[94] wirksam werden. Hier soll davon ausgegangen werden, daß ein Ersatz nur dann vorliegt, wenn eine im konkreten Einzelfall spezifisch abgegrenzte Anlage insgesamt ersetzt wird; eine grundsätzliche allgemeingültige Abgrenzung zwischen Verschleißbeseitigung und Anlagenersatz(-erneuerung) erscheint jedoch nicht möglich. Für den Einzelfall ist diese Unterscheidung aber schon deswegen von Bedeutung, weil die Instandhaltungspolitik mit den Entscheidungen über den Anlagenersatz koordiniert werden muß.

Ähnlich wie den Instandhaltungsfunktionen Verschleißbeobachtung und -hemmung dienen auch der Verschleißbeseitigung zumindest mittelbar in anderen anlagenwirtschaftlichen Teilbereichen durchgeführte Maßnahmen. Während der Nutzungsdauer der Anlagen übernehmen z. B. automatische Werkzeugwechselvorrichtungen[95], die bereits bei

---

93) Vgl. DAHMEN, U.: Nutzungsdauer, S. 2of..
94) Vgl. zu den Verbrauchsarten von Anlagen LINTZHÖFT, Helge: Die Kosten für den Einsatz sachlicher Potentialfaktoren, Diss. Hamburg 1968. Außerdem wird hiervon vor allem auch die Abgrenzung zur Anlagenverbesserung berührt, die in vielen Fällen aufgrund anderer Anlässe als dem eines unmittelbar der Verschleißbeseitigung (Instandhaltung) dienenden durchgeführt wird.
95) Vgl. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 71 und die dort angegebene Literatur.

der Projektierung und Bereitstellung vorgesehen werden, diese Funktion, so daß die hierdurch zusätzlich verursachten Kosten unter Beachtung der bereits mehrfach angestellten Überlegungen gegebenenfalls den Verschleißbeseitigungskosten zugerechnet werden können. Außerdem können bei der Anlagenprojektierung und -bereitstellung eine Reihe von Maßnahmen vorgenommen werden, die die Verschleißbeseitigung (positiv) hinsichtlich Art und Qualität, Dauer, Ort und Zahl der Maßnahmen beeinflussen. Solche Möglichkeiten bieten vor allem eine verschleißbeseitigungsgerechte[96] Konstruktion sowie die Normung und Standardisierung[97] der Bauelemente der Anlagen. Auch für die Zuordnung der Kosten dieser Maßnahmen haben die schon aufgestellten Grundsätze Gültigkeit.

Speziell im Rahmen der Bereitstellung von Anlagen bestehen Möglichkeiten zur Reduzierung, Beschleunigung oder sonstiger Unterstützung der Verschleißbeseitigung z. B. durch einen Abschluß entsprechender Leasing-Verträge[98] oder bei der Beschaffung mit Eigentumsübertragung durch das Aushandeln einer vertraglich gesicherten langen Garantiezeit[99]. Die für die Erzielung der hierdurch mög-

---

96) Vgl. UHLMANN, W.: Die Planmäßige Instandhaltung automatischer Maschinenfließreihen, S. 68; SCHUSTER, E.: Instandhaltungsgerechte Konstruktion, S. 3o3; KURZ, D.: Erleichterte Betriebsmittelinstandhaltung durch zweckmäßige Konstruktionen, S. 1112, der ein deutliches Beispiel für die Folgen einer unzweckmässigen Konstruktion aufzeigt: "...Die Folge ist, daß die 16 Werkstückträger mit je 2oo kg Gewicht über das Wochenende mit einem Hebezeug abgehoben und zum Reinigen an eine Waschstelle gefahren werden müssen. Dieser abnormale Reinigungsprozeß erfordert gegenüber anderen vergleichbaren Transferstraßen eine um 1oo % größere Gesamtreinigungszeit."

97) Vgl. SIEBOLD, K.: Aufgaben und weitere Entwicklung, S. 167; MIDDELMANN, U.: Bedarfsorientierte Planung von Instandhaltungskosten, S. 26o; UHLMANN, W.: Die planmäßige Instandhaltung automatischer Maschinenfließreihen, S. 68; WIEGEL, H.: Transparenz der Instandhaltekosten, S. 175; SCHUSTER, E.: Instandhaltungsgerechte Konstruktion, S. 3o5.

98) Vgl. MÄNNEL, W.: Stellung der Instandhaltung, S. 4o.

99) Vgl. KURZ, D.: Erleichterte Instandhaltung durch zweckmäßige Konstruktionen, S. 11o9; MÄNNEL, W.: Stellung der Instandhaltung, S. 4o.

lichen Vorteile der Verschleißbeseitigung zusätzlich in Kauf zu nehmenden Kosten sind allerdings durch eine solche Vielfalt von Einflußfaktoren (z. B. Produktion, Finanzierung usw.) bestimmt, daß man sie nicht eindeutig zurechnen kann.

Ein im Rahmen der Bereitstellung weiteres Abgrenzungs- bzw. Zurechnungsproblem der Kosten ergibt sich dann, wenn mit der Bereitstellung der Anlage gleichzeitig auch Ersatzteile beschafft bzw. hergestellt werden. Dies kann einerseits notwendig sein, weil diese Teile später nicht mehr bereitgestellt werden können[100]. Grundsätzlich sind die Kosten für die Bereitstellung der Ersatzteile Instandhaltungs(Verschleißbeseitigungs-)kosten. Die Kosten des Prozesses der Beschaffung dieser Teile lassen sich in diesem Fall allerdings oft nicht eindeutig den Anlagenbereitstellungs- oder Instandhaltungskosten zurechnen, weil sich die beiden Beschaffungsprozesse dann nicht trennen lassen, wenn die Anlage und die Ersatzteile z. B. von demselben Lieferanten bezogen werden[101].

Sofern andererseits die Anlage und die Ersatzteile aus Gründen der Wirtschaftlichkeit zum gleichen Zeitpunkt selbst hergestellt werden, um z. B. wiederholte Anfertigungen von Vorrichtungen oder andere ansonsten häufiger anfallende Rüstkosten zu vermeiden, besteht ein Zurechnungsproblem der Kosten deshalb, weil sich sowohl die für die Herstellung der Anlage und der Ersatzteile gemeinsam anfallenden Kosten als auch die für dieses "Projekt" aufzuwendenden Bereitschaftskosten nicht der Anlagen- und Ersatzteilbereitstellung verursachungsgerecht zurechnen lassen.

Auch im Fall des (wirtschaftlich bedingten) gleichzeitigen Fremdbezugs von Anlage und Ersatzteilen können Pro-

---

100) Vgl. SCHEER, A.-W.: Instandhaltungspolitiken, S. 153f. und S. 156-160; HARLING, Klaus: Untersuchung von Instandhaltungssystemen für Strahlverkehrsflugzeuge und deren Einflußfaktoren, Diss. Berlin 1969, S. 36.

101) Vgl. auch SIEBOLD, K.: Aufgaben und weitere Entwicklung, S. 167.

bleme ähnlicher Art auftreten. So können beispielsweise mit der - vorgezogenen - Beschaffung von Ersatzteilen Rabatte zu erzielen sein, wie etwa dann, wenn wegen der gleichzeitigen Beschaffung der Anlage und der Ersatzteile ein Auftragswert erreicht wird, der zur Gewährung eines Rabattes führt[1o2)].

Ein weiteres Abgrenzungsproblem ergibt sich dann, wenn im Rahmen der Bereitstellung solche Anlagen ausgewählt werden, die Elemente aufweisen, die "automatisch" die Funktion eines anderen bei dessen Ausfall übernehmen (sogenannte Redundanzteile).

Schließlich kann eine geeignete Anlagenanordnung die Verschleißbeseitigung sowohl hinsichtlich der Maßnahmendurchführung[1o3)] i. e. S. (genügend "Bewegungsfreiheit") als auch der Zeit der Maßnahme i. w. S. positiv beeinflussen, indem die manchmal bis zu vierzig Prozent der gesamten Reparaturauftragszeit betragende Wegezeit verkürzt wird[1o4)]. Andererseits ist die Bestimmung des Aufstellungsortes der Anlagen insbesondere auch auf die Anforderungen der Produktion auszurichten[1o5)], so daß die Kosten eines spezifischen Standortes der Anlagen in der Regel nicht eindeutig zuordbar sind.

1o2) Diesem Vorteil stehen jedoch zusätzliche lagerdauer- und lagerwertabhängige Kosten für das bzw. die Ersatzteile gegenüber, die bei der Entscheidung über den Zeitpunkt der Bereitstellung beachtet werden müssen.

1o3) "Um größere Instandhaltungsmaßnahmen, vor allem die Demontage schwerer Baugruppen, zu erleichtern und zu beschleunigen, sind automatische Maschinenfließreihen bevorzugt in Produktionsräumen mit Hebezeugen aufzustellen." (UHLMANN, W.: Die planmäßige Instandhaltung automatischer Maschinenfließreihen, S. 59).

1o4) Vgl. UHLMANN, W.: Die planmäßige Instandhaltung automatischer Maschinenfließreihen, S. 5o.

1o5) Vgl. SCHMIDT, F.: Bestimmung des Produktionsmittelstandortes, S. 5o.

e) Die Abgrenzung von Instandhaltungs- und Herstellungsaufwand als besonderes Problem der auf die Funktionen der Instandhaltung abstellenden Abgrenzung der Instandhaltungskosten von den Kosten anderer Aufgabenfelder der Anlagenwirtschaft

Das Problem der Abgrenzung der Instandhaltungskosten von den Kosten, die mit anderen anlagenwirtschaftlichen Aufgabenfeldern, hier insbesondere mit dem Anlagenersatz, der Anlagenverbesserung sowie der Anlagenausmusterung und -verwertung verbunden sind, hat besonders unter bilanziellen und steuerlichen Aspekten mit der Unterscheidung zwischen nicht aktivierungspflichtigem Erhaltungsaufwand und (steuerlich) aktivierungspflichtigem Herstellungsaufwand Eingang in die betriebswirtschaftliche Literatur und in die Rechtsprechung gefunden. Neben anderen Gesichtspunkten, wie etwa der Ermittlung des Substanzwertes im Rahmen von Unternehmensbewertungen, hat die Einordnung von Aufwendungen als Erhaltungs- oder Herstellungsaufwendungen vor allem Bedeutung für die zeitliche Erfolgsabgrenzung: Sofern ein Teil bzw. die Gesamtheit der betreffenden Aufwendungen sofort, also in der Periode, in der die entsprechenden Maßnahmen durchgeführt wurden, steuerlich als Erhaltungsaufwand absetzbar ist, wird ein Zinsvorteil erzielt, da die ansonsten für dieses Jahr zu zahlenden (Gewinn-)Steuermehrbeträge ceteris paribus erst in späteren Perioden anfallen[106]. Hinzu kommt, daß in besonderen Situationen die Hoffnung bestehen kann, daß die Steuer (bei gleichem Periodengewinn) in zukünftigen Wirtschaftsperioden niedriger liegt als in der gegenwärtigen, was z. B. in den Jahren von 1948 bis 1956 der Fall war[107]. Darüber hinaus können Gewinnverlagerungen zur Nivellierung der Gewinne dienen und so zu einer echten Steuerersparnis

---

106) Daß "...man die auf die Gewinne entfallenden Steuerbeträge bis zur Fälligkeit zinslos nutzen kann...", vertritt z. B. DIETZ (H.: Reparaturplanungen, S. 171).

107) Vgl. so DIETZ, H.: Reparaturplanungen, S. 171.

führen[108].

Außerdem spielen in der Praxis für die Behandlung der Aufwendungen nicht immer nur steuerliche Vor- bzw. Nachteile eine Rolle. Auch andere Gründe (z. B. die Budgetierung) können dazu verleiten, beispielsweise Investitionen über die Instandhaltungskosten zu führen und somit in der Bilanz nicht auszuweisen[109]. Eine solche bewußt willkürliche Vorgehensweise bei der Aktivierung bzw. Nichtaktivierung von Aufwendungen widerspricht jedoch den Erfordernissen und Grundsätzen ordnungsmäßiger Bilanzierung sowohl für die Handels- als auch insbesondere für die Steuerbilanz[110]. Speziell sind hiervon zum einen die - vor allem aus der Sicht der dynamischen Bilanzauffassung geforderte - periodengerechte Gewinnermittlung und zum anderen die - eher der statischen Bilanzauffassung entsprechende - Ermittlung des richtigen Ansatzes der Vermögenswerte betroffen[111]. Hieraus ist einerseits abzuleiten, daß derjenige Aufwand, der sich allein auf eine Periode bezieht, als Erhaltungsaufwand zu deklarieren ist, während der Aufwand, aus dem für

---

108) Vgl. DIETZ, H.: Reparaturplanungen, S. 171. Auch SCHMALENBACH betont die Bedeutung der Abgrenzung zwischen Erhaltungs- und Herstellungsaufwand für die Erfolgsrechnung: "Bei der Größe der Ausgaben und sonstigen Leistungen für Betriebsgegenstände in vielen Betrieben wirkt die Frage, ob wir sie als Anlagezugänge oder Unterhaltungskosten verbuchen, so stark auf die Erfolgsrechnung ein, daß sie in der Regel bedeutungsvoller ist als die Frage Abschreibung. Man kann in vielen Fällen die ganze Erfolgsrechnung entscheidend beeinflussen; und dies oft in einer schwer kontrollierbaren Weise." SCHMALENBACH, Eugen: Dynamische Bilanz, 13. Aufl., Köln und Opladen 1962, S. 168-169; vgl. auch ADLER, H. - DÜRING, K. - SCHMALTZ, K.: Rechnungslegung und Prüfung der Aktiengesellschaft, 4. Aufl., Stuttgart 1968, S. 280; HÖHNE, Ernst: Die Instandhaltungs- und Reparaturkosten, in: Stahl und Eisen, 76. Jg. (1956), Nr. 20, S. 1273-1283, hier S. 1274.

109) ESCHER, Hans: Der Umfang der Aktivierungspflicht für das Sachanlagevermögen in Handels- und Steuerbilanz, 2. Aufl., Düsseldorf 1962, S. 26.

110) Vgl. DERS.: Der Umfang der Aktivierungspflicht, S. 9-15.

111) Vgl. DERS.: Der Umfang der Aktivierungspflicht, S. 12.

mehrere Perioden Nutzen gezogen wird. als Herstellungsaufwand zu aktivieren ist[112]. Andererseits sind die Aufwendungen für nur werterhaltende Maßnahmen zum Erhaltungsaufwand, die Aufwendungen für wertsteigernde Maßnahmen hingegen zum aktivierungspflichtigen Herstellungsaufwand zu rechnen.

Für die konkrete Zuordnung von Aufwendungen zum Herstellungs- bzw. Erhaltungsaufwand sind in der Literatur und Rechtsprechung einige Kriterien entwickelt worden. Diese sind allerdings so gewählt, daß sie im einzelnen Anwendungsfall zumindest teilweise interpretationsfähig und -bedürftig sind[113]. Am wenigsten problematisch ist noch die Behandlung solcher Aufwendungen, die mit einem Anbau von wesentlichen Zusatzvorrichtungen an vorhandene Anlagen anfallen[114], weil damit etwa neues, zusätzliches, bisher nicht vorhandenes hergestellt bzw. beschafft und eingebaut wird[115]. Dies führt somit zu einer Substanzmehrung der betreffenden Anlagen[116], und ein

---

112) Dies entspricht der Auffassung des Bundesfinanzhofes, wonach bei wörtlicher Auslegung des § 7, Abs. 1 Einkommensteuergesetz nur die Ausgaben für Wirtschaftsgüter des Anlagevermögens als Erhaltungsaufwand anzusehen sind, deren Nutzen sich in einem Jahr erschöpft. Vgl. das Urteil des Bundesfinanzhofes vom 9. 7. 1953, Bundessteuerblatt 1953, III, S. 245.

113) Dies kommt auch schon im einleitenden Satz zu der Behandlung von Erhaltungs- und Herstellungsaufwand in den Einkommensteuer-Richtlinien 1975 zum Ausdruck: "Die Grenze zwischen Erhaltungsaufwand und Herstellungsaufwand ist fließend." (Einkommensteuer-Richtlinien für das Kalenderjahr 1975 (EStR 1975)), o. O. 1976, Abschnitt 157, Abs. 1, Satz 1.

114) Vgl. z. B. SCHILLING, Heinrich: Planmäßige Anlagenpflege und Anlagenerhaltung in der chemischen Industrie, Diss. Darmstadt 1958, S. 39.

115) Vgl. so ESCHER, H.: Der Umfang der Aktivierungspflicht, S. 35; Vgl. diesbezüglich zum Begriff des Erhaltens auch SCHÖNE, Günter Klaus: Das Problem der Erhaltung in der Betriebswirtschaftslehre, Diss. Mannheim 1963, insbesondere S. 9-11; o. V.: Die Veranlagung zur Einkommensteuer 1978, Düsseldorf 1979, S. 456.

116) Vgl. ADLER, H. - DÜRING, K. - SCHMALTZ, K.: Rechnungslegung, S. 289; van der VELDE, Kurt: Herstellungskosten in der Kostenrechnung und in der Steuerbilanz, 3. Aufl., Stuttgart 1960, S. 102f.; ESCHER, H.: Der Umfang der Aktivierungspflicht, S. 36 und

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

solcher (mengenmäßiger) Zugang[117] ist ausweis - und damit auch aktivierungspflichtig[118] [119].

Neben der Substanzmehrung werden zwei weitere wesentliche Merkmale für das Vorliegen von Herstellungsaufwand darin gesehen, daß durch die entsprechenden Maßnahmen der Zustand des jeweiligen Gegenstandes (der Anlage) so wesentlich geändert wird, daß damit seine Wesensart erheblich verändert wird oder seine Gebrauchs- bzw. Verwertungsmöglichkeiten deutlich verbessert werden[120].

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
die dort angeführten Urteile des Bundesfinanzhofes; DIETZ, H.: Reparaturplanungen, S. 165; BIERGANS, Enno: Einkommensteuer und Steuerbilanz, München 1978, S. 144; KNOBBE-KEUK, Brigitte: Bilanz- und Unternehmenssteuerrecht, Köln 1977, S. 47.

117) "Zugang...ist dabei...jeder tatsächliche mengenmäßige Zugang von Gegenständen des Anlagevermögens ...". So ADLER, H. - DÜRING, K. - SCHMALTZ, K.: Rechnungslegung, S. 285; vgl. zur Abgrenzung des Zugangsbegriffes auch ESCHER, H.: Der Umfang der Aktivierungspflicht, S. 8-9.

118) Vgl. ADLER, H. - DÜRING, K. - SCHMALTZ, K.: Rechnungslegung, S. 285; ESCHER, H.: Der Umfang der Aktivierungspflicht, S. 29.

119) Eine Besonderheit weist hierbei die Behandlung "geringwertiger Wirtschaftsfüter" auf, die zwar einerseits ausweispflichtig, andererseits aber sofort (in der laufenden Periode) steuerlich absetzbar sind. Vgl. so z. B. auch ESCHER, H.: Der Umfang der Aktivierungspflicht, S. 21-22.

120) Vgl. ADLER, H. - DÜRING, K. - SCHMALTZ, K.: Rechnungslegung, S. 288f.; ESCHER, H.: Der Umfang der Aktivierungspflicht, S. 36; DIETZ, H.: Reparaturplanungen, S. 165-166. Speziell auf Gebäude bezogen werden diese Kriterien in den Einkommensteuerrichtlinien 1975, Abschnitt 157, Abs. 3 aufgeführt. Vgl. weiterhin van der VELDE, K.: Herstellungskosten, S. 1o2f.; o. V.: Die Veranlagung zur Einkommensteuer, S. 456; BIERGANS, E.: Einkommensteuer und Steuerbilanz, S. 144. MÜLLER, Adolf: Grundzüge der industriellen Kosten- und Leistungserfolgsrechnung, Köln und Opladen 1955, S. 93f.; KNOBBE-KEUK, B.: Bilanz- und Unternehmenssteuerrecht, S. 47; GROCHLA, Erwin: Die Kalkulation von öffentlichen Aufträgen, eine Anleitung nach den Bestimmungen der VBöA und LSP, Berlin 1954, S. 41; HÖHNE, E.: Die Instandhaltungs- und Reparaturkosten, S. 1274.

Selbst wenn man unterstellt, daß eine Veränderung der Wesensart einer Anlage im konkreten Einzelfall als solche erkennbar ist, was durchaus nicht grundsätzlich zutreffen muß, bereitet insbesondere das Kriterium "deutliche Verbesserung" für die Einordnung von Aufwendungen erhebliche Schwierigkeiten. So stellt sich z. B. bei einem Ersatz von Teilen einer Anlage dann die Frage, ob Herstellungs- oder Erhaltungsaufwand vorliegt, wenn die Teile gegenüber den bei der Herstellung verwendeten Teilen verbessert sind. Vor allem bei relativ langlebigen Anlagen tritt dies vielfach sogar zwangsläufig auf, weil die ehemals verwendeten Teile aufgrund des technischen Fortschrittes typidentisch gar nicht mehr beschaffbar sind. Speziell für den Fall, daß mit notwendigen Erhaltungsmaßnahmen eine dem technischen Fortschritt entsprechende, übliche Modernisierung verbunden ist, geht die Rechtsprechung allerdings in neuerer Zeit davon aus, daß damit noch keine wesentliche Verbesserung und infolgedessen Erhaltungsaufwand anzunehmen sei[121]. Die diesbezüglich ergangenen Urteile deuten darauf hin, daß Maßnahmen der Verbesserung von Anlagen in der Regel zu Erhaltungsaufwendungen führen, sofern hierdurch nicht die Wesensart (Anlagenart) verändert wird[122]. In die-

---

121) Vgl. so das BFH-Urteil vom 8. 3. 1966 - BStBl 1966 III, S. 324; vgl. zu diesem Problem auch die BFH-Urteile vom 9. 7. 1953 - BStBl 1953 III, S. 245, vom 1. 3. 1960 - BStBl 1960 III, S. 198, vom 22. 8. 1966 - BStBl 1966 III, S. 672, vom 14. 12. 1966 - BStBl 1967 III, S. 247, vom 9. 11. 1976 - BStBl 1977 II, S. 279 und 306, vom 7. 12. 1976 - BStBl 1977 II, S. 281 sowie die Schreiben des BMF vom 28. 2. 1978 - BStBl 1978 I, S. 136. Speziell in dem oft zitierten Urteil vom 9. 7. 1953 wurde über den Aufwand für das Ersetzen einer Holzbalkendecke in einem Kuh- und Pferdestall durch eine Eisenbetonträgerdecke als Erhaltungsaufwand beschieden, weil die hierdurch erzielte Wertsteigerung nicht für eine Aktivierung ausschlaggebend sei, da das die Nutzungsdauer bestimmende Mauerwerk unverändert geblieben sei. In einem anderen Fall sei mit der Pflasterung eines Fabrikhofes gegenüber der vorherigen Schotterung etwas anderes entstanden und somit führten diese Aufwendungen zu aktivierungspflichtigem Herstellungsaufwand (so in dem Urteil vom 1. 3. 1960 - BStBl 1960 III, S. 198).

122) Vgl. ESCHER, H.: Der Umfang der Aktivierungspflicht, S. 36; DIETZ, H.: Reparaturplanungen, S. 167-168.

sen Urteilen kommt gleichzeitig als wesentlicher Bestandteil auch zum Ausdruck, daß für die Entscheidung jeweils der Begriff des Wirtschaftsgutes, für das die Aufwendungen angefallen sind, von erheblicher Bedeutung ist. Da insbesondere bei größeren, verketteten Anlagen die Definition eines einheitlichen Wirtschaftsgutes zunehmend dazu führt, daß - abweichend von dem Grundsatz der Einzelbewertung - immer größere Komplexe bzw. eine Vielzahl von Anlagegegenständen insgesamt als Wirtschaftsgut verstanden werden, ist die aus der neueren Rechtsprechung zu entnehmende Tendenz verständlich, den Begriff des Herstellungsaufwandes relativ eng, den des Erhaltungsaufwandes dagegen relativ weit zu fassen. Dies ergibt sich daraus, daß mit zunehmender Komplexität des Wirtschaftsgutes immer mehr Maßnahmen nur einer Erhaltung der Wesensart und der Funktion dieses Wirtschaftsgutes dienen. Insofern ist auch das erstgenannte Kriterium der Substanzmehrung aus betriebswirtschaftlicher Sicht nicht eindeutig. So müßte beispielsweise auch der Aufwand, der mit der zusätzlichen Anbringung von Teilen an (größere) Anlagen verbunden ist, grundsätzlich als Herstellungsaufwand aktiviert werden, obwohl solche Aufwendungen in manchen Fällen (z. B. Anbringen zusätzlicher Spanabsaugungsvorrichtungen zur Verschleißhemmung der betreffenden Anlagen) allein der Erhaltung dienen, die die Lebensdauer der Anlagen nicht verändern[123] und auch die Wesensart der Anlage nicht verändern.

Als Merkmale für das Vorliegen von Erhaltungsaufwand werden (speziell auf Grundstücke bezogen) in den Einkommensteuer-Richtlinien (EStR 1975. Abschnitt 157) die Aufwendungen solcher Maßnahmen genannt, die

- die Wesensart des Grundstückes nicht verändern,
- das Grundstück im ordnungsmäßigen Zustand erhalten sollen und
- regelmäßig in ungefähr gleicher Höhe wiederkehren.

123) Vgl. hierzu die Abgrenzung zwischen Instandhaltungs- und Anlagenverbesserungskosten.

Allerdings wird die Forderung nach Erfüllung dieser Kriterien dadurch abgeschwächt, daß unter Umständen auch dann von Erhaltungsaufwand auszugehen sein kann, wenn nicht alle drei Voraussetzungen gleichzeitig erfüllt sind. Problematisch für die bilanzielle Behandlung von Aufwendungen erscheint hier vor allem die Anwendung des dritten Kriteriums. Insbesondere dann, wenn durch eine Maßnahme keine wesentliche Substanzmehrung, keine erhebliche Änderung der Wesensart und auch keine deutliche Verbesserung des betreffenden Wirtschaftsgutes eintritt, also entsprechend den Kriterien für das Vorliegen von Herstellungsaufwand ein solcher nicht anzunehmen ist, bereitet die Einordnung solcher Aufwendungen Schwierigkeiten, die nicht regelmäßig in ungefähr gleicher Höhe wiederkehren. Dies gilt folglich in erster Linie für solche Aufwendungen, die im Zusammenhang mit reinen Erneuerungsmaßnahmen anfallen. "Die Anlagenerneuerung unterscheidet sich von dem...Anlagezugang dadurch, daß keine Anlagenmehrung eintritt, sondern lediglich eine Regeneration des quantitativen Betriebsmittelbestandes stattfindet."[124]. Obwohl solche Aufwendungen die Kriterien für das Vorliegen von Herstellungsaufwand nicht erfüllen, ist ihre Einordnung als Erhaltungsaufwand problematisch, wenn sie nicht regelmäßig in ungefähr gleicher Höhe wiederkehren[125]. Dieses Problem entsteht deshalb, weil hierbei nicht in erster Linie auf die sachinhaltliche Abgrenzung zwischen Erhaltungs- und Herstellungsaufwand, wie dies insbesondere die Kriterien für das Vorliegen von Herstellungsaufwand beabsichtigen, sondern vor allem darauf abgestellt wird, den steuerlich "richtigen" Periodengewinn zu ermitteln[126]. Unterstellt wird dabei, daß Aufwendungen, die in wechselnder Höhe und unregelmäßig anfallen, für mehrere Perioden gemeinsam verursacht werden und daher für die "Gleichbehandlung" aller Perioden, die an dem aus den Aufwendungen

---

124) HOFMANN, R.: Die Probleme der Planung, S. 46.
125) Vgl. ähnlich auch ESCHER, H.: Der Umfang der Aktivierungspflicht, S. 36.
126) Vgl. ADLER, H. - DÜRING, K. - SCHMALTZ, K.: Rechnungslegung, S. 289.

resultierenden Nutzen partizipieren, eine Aktivierung (und entsprechende Abschreibung) vorzunehmen sei[127]. Die Regelmäßigkeit der Aufwendungen als Kriterium für das Vorliegen von Erhaltungsaufwand anzusehen, ist jedoch problematisch. Zum einen würde die konsequente Anwendung dieses Kriteriums dazu führen können, daß trotz regelmäßigen Anfalls - in Abständen von mehreren Perioden - diese Aufwendungen als Erhaltungsaufwendungen zu behandeln und daher nicht als für mehrere Perioden gemeinsam anfallend kenntlich gemacht würden. Zum anderen würde dies bedeuten, daß alle die durch Zufälle und eine stark streuende Geschwindigkeit des Verschleißfortschritts unregelmäßig innerhalb einer Periode anfallenden Instandhaltungsaufwendungen zu aktivieren wären, obwohl der Nutzen aus den Maßnahmen nicht in mehreren Perioden zu ziehen ist. Ebensowenig kann bei der Entscheidung über die Aktivierung bzw. Nichtaktivierung von Aufwendungen deren Höhe allein ausschlaggebend sein[128], weil eben auch relativ hohe Aufwendungen in jeder Periode regelmäßig (mehrmals) wiederkehren können[129].

Für das hier angesprochene Problem des Ausweises, ob Erhaltungs- (Erneuerungs-)aufwendungen für mehrere Perioden gemeinsam anfallen, können somit weder Höhe noch Regelmäßigkeit des Aufwandes allein bestimmend sein. Für die Ermittlung des periodengerechten "richtigen" Gewinns

---

127) Dabei soll hier davon ausgegangen werden, daß die Instandhaltungs-(Erhaltungs-)aufwendungen deswegen in Kauf genommen werden, weil das Nutzenpotential einer Anlage (für die Zukunft) erhalten oder wiederhergestwllt werden soll. Vgl. demgegenüber bspw. ESCHER, (H.: Der Umfang der Aktivierungspflicht, S. 35) und MÜLLER (A.: Kosten- und Leistungserfolgsrechnung, S. 93), die als Ursache den vorausgegangenen Verschleiß der Anlagen ansehen. Die Ursache für die Notwendigkeit der Aufwendungen wird hier dagegen in der Absicht begründet gesehen, ein Nutzungspotential mittels Instandhaltung erhalten oder wiederherstellen zu wollen.

128) Dieselbe Ansicht vertritt ESCHER, H.: Der Umfang der Aktivierungspflicht, S. 28.

129) Hierzu führt DIETZ als Beispiel die dreimal jährlich durchzuführenden "Großreparaturen" von Siemens-Martin-Öfen an; vgl. DIETZ, H.: Reparaturplanungen, S. 163.

kann es außerdem selbst dann, wenn hohe Aufwendungen über mehrere Perioden unregelmäßig anfallen, aus betriebswirtschaftlicher Sicht keine "richtige" Aufschlüsselung auf einzelne Perioden geben, eben weil der Aufwand nur für mehrere Perioden gleichzeitig in Kauf genommen wird, vielfach sogar ohne die Kenntnis, für welche Anzahl von Perioden dies der Fall sein wird. Nur in extremen Fällen, wie etwa dann, wenn das Wirtschaftsgut durch die Erneuerung von Teilen quasi vollständig ersetzt wird, ist eine der Rechtsprechung und der allgemein üblichen Vorgehensweise im Unternehmen folgende Aufschlüsselung der aktivierten Aufwendungen auf die einzelnen Perioden denkbar. Im allgemeinen sollte jedoch auf eine Aktivierung des reinen Instandhaltungsaufwandes generell verzichtet werden. Bezüglich solcher Maßnahmen, die im hier beschriebenen Sinne zu Herstellungsaufwendungen führen, ist im übrigen davon auszugehen, daß aufgrund der eingangs beschriebenen beginnenden Auseinandersetzung in der Literatur mit der Anlagenwirtschaft und ihren Teilgebieten auch diese im eigentlichen Sinne nicht Instandhaltungsleistungen darstellenden Maßnahmen bzw. die dafür anfallenden Aufwendungen aus dem Begriff der Instandhaltung herausgelöst werden.

Ein weiteres Problem der Abgrenzung des Erhaltungs- vom Herstellungsaufwand entsteht dann, wenn gleichzeitig mit Maßnahmen, die offensichtlich Herstellungsaufwand bewirken, auch Aufwendungen für (laufende) Instandhaltungsmaßnahmen anfallen. Für den Fall, daß beide Maßnahmen in engem räumlichen und zeitlichen Zusammenhang durchgeführt werden, wenn also etwa an einer Anlage eine Zusatzvorrichtung angebaut und gleichzeitig an dem zu erweiternden Teil der Anlage ein Gegenstand ausschließlich zur Verschleißbeseitigung ausgewechselt wird, geht die Rechtsprechung davon aus, daß der Aufwand für das Auswechseln ebenfalls als Herstellungsaufwand zu behandeln sei[13o)], weil ein wirtschaftlich ein-

---

13o) Vgl. so das BFH-Urteil vom 9. 3. 1962 - BStBl 1962 III, S. 195.

heitlicher Vorgang vorliege, der auch steuerlich einheitlich zu beurteilen sei. Dem kann jedoch nicht uneingeschränkt zugestimmt werden. Während die Aufwendungen, die z. B. durch für beide Maßnahmen erforderliche identische, aufgrund der gleichzeitigen Durchführung nur einmalig notwendig werdende Demontage- und Montagearbeiten als Herstellungsaufwand behandelt werden mögen[131], ist der für das Auswechseln getrennt erfaßbare Aufwand aus betriebswirtschaftlicher Sicht als Erhaltungsaufwand einzustufen[132], wie dies die Rechtsprechung auch für den Fall, daß Maßnahmen an unterschiedlichen räumlich getrennten Teilen einer Anlage vorgenommen werden, entschieden hat[133].

Schließlich stellt sich die Frage, in welcher Höhe die Aufwendungen, insbesondere beim Vorliegen von Herstellungsaufwand für vom Unternehmen selbst erbrachte Leistungen anzusetzen sind, wie dies vergleichbar auch z. B. für die Ermittlung des richtigen Wertansatzes von Halb- und Fertigfabrikaten in der Literatur diskutiert wird[134].

---

131) Vgl. hierzu die Abgrenzung zwischen Instandhaltungs- und Anlagenverbesserungskosten.

132) Derselben Ansicht ist auch ESCHER, H.: Der Umfang der Aktivierungspflicht, S. 29.

133) Vgl. so das BFH-Urteil vom 14. 1o. 196o - BStBl 196o III, S. 493.

134) Darauf kann an dieser Stelle jedoch nicht näher eingegangen werden; es sei daher auf die entsprechende Literatur verwiesen. HUMMEL, Siegfried: Die Auswirkungen von Lagerbestandsveränderungen auf den Periodenerfolg - Ein Vergleich der Erfolgskonzeptionen von Vollkostenrechnung und Direct Costing, in: ZfbF, 21. Jg. (1969), Heft 213, S. 155-18o; LAYER, Manfred: Die Herstellkosten der Deckungsbeitragsrechnung und ihre Verwendbarkeit in Handelsbilanz und Steuerbilanz für die Bewertung unfertiger und fertiger Erzeugnisse, in: ZfbF, 21. Jg. (1969), Heft 2/3, S. 131-155; MÄNNEL, Wolfgang: Deckungsbeitragsrechnung und Bilanzierung, Teil I: Die Bewertung von Halb- und Fertigfabrikaten, in: Betriebswirtschafts-Magazin, Jg. 1972, Nr. 11, S. 539-542 und Teil II: Handels- und steuerrechtliche Bestandsbewertungsvorschriften, ebenda, Nr. 12, S. 539-596.

2. Abgrenzung der Instandhaltungskosten von den Kosten anderer Unternehmensbereiche

Außer im Rahmen der Erfüllung der anderen anlagenwirschaftlichen Aufgaben werden instandhaltungsbezogene Tätigkeiten auch in anderen Unternehmensbereichen ausgeführt, so daß sich diesbezüglich ebenfalls Probleme der Abgrenzung der Instandhaltungskosten ergeben.

Dies betrifft zunächst die Kosten für direkte Maßnahmen der Instandhaltung aber auch die Kosten anderer Aktivitäten wie z. B. der Bereitstellung des Instandhaltungspersonals, der Beschaffung von Ersatzteilen und weiterer, im folgenden noch ausführlicher diskutierter Kosten.

So kann beispielsweise die Qualitätskontrolle der Zwischen- und Endprodukte im Rahmen der Produktion durchaus als indirekte Verschleißbeobachtungsmaßnahme bezeichnet werden. Dies gilt in gleicher Weise auch für die Überwachung des Mengenverbrauchs an Werkstoffen durch die Materialwirtschaft, weil aufgrund steigenden Verbrauchs auf eine Minderung der Funktionsfähigkeit und weiter auf einen diese hervorrufenden Verschleiß der Anlage und evtl. sogar schon ganz bestimmter Anlagenteile geschlossen werden kann. Wenngleich diese Maßnahmen in der Regel nicht speziell im Hinblick auf die Verschleißbeobachtung geplant und durchgeführt werden und insofern durch die Erfassung dieser Informationen auch keine zusätzlichen Kosten verursacht werden, die den Instandhaltungskosten zugerechnet werden müßten, können doch für die Sammlung, Verarbeitung und Weitergabe dieser Informationen zusätzliche (Instandhaltungs-)Kosten anfallen.

Ein weiteres Abgrenzungsproblem ergibt sich beispielsweise dann, wenn Sicherheitseinrichtungen z. B. durch den Sicherheits- oder Unfallschutzbeauftragten oder eine Abteilung "Umweltschutz" auf ihre Funktionsfähigkeit hin

überprüft werden[135] und eventuell Sachverständigengutachten erstellt werden. Grundsätzlich dienen solche Maßnahmen der Feststellung des Zustandes und damit des Verschleißes der betreffenden Einrichtungen, um dann gegebenenfalls andere Instandhaltungsmaßnahmen auszulösen. Vielfach wird sich allerdings ein Kostenzurechnungsproblem ergeben, da hierbei vor allem (personelle) Potentiale eingesetzt werden, die auch andere Funktionen gleichzeitig ausüben und eine Schlüsselung solcher Potentialfaktorkosten niemals verursachungsgerecht vorgenommen werden kann.

Auch bezüglich der Verschleißhemmung ist festzustellen, daß diese Instandhaltungsfunktion teilweise von anderen Unternehmensbereichen übernommen wird. So kann die Materialwirtschaft Sorge dafür tragen, daß die Art und Qualität der von den Anlagen zu verarbeitenden Stoffe so festgelegt (und deren Einhaltung kontrolliert) werden, daß die entsprechenden Anlagenteile möglichst wenig beansprucht werden und damit der Verschleiß möglichst langsam zunimmt[136]. Werden nun aufgrund der besonderen, speziell für die Zwecke der Verschleißhemmung getroffenen Werkstoffauswahl höhere Bereitstellungskosten verursacht, so sind diese Kosten denen der Instandhaltung zuzurechnen. Eine solche eindeutige Zurechnung wird allerdings dann unmöglich, wenn aufgrund der Werkstoffauswahl gleichzeitig beispielsweise auch niedrigere Ausschußquoten erzielt werden sollen. Dann lassen sich allenfalls die Auswirkungen auf die Instandhaltungskosten erfassen. Weitere der Verschleißhemmung der Anlagen dienende Maßnahmen können z. B. von der Produktion (Arbeitsvorbereitung) durch eine den (vor allem rüstabhängigen) Verschleiß gering haltende Festlegung der Reihenfolge der Fertigung unterschiedlicher Sorten und Losgrößen sowie durch eine der sorgsamen Bedienung der Anlagen die-

---

135) Solche Überprüfungen werden beispielsweise auch von Behörden wie etwa dem Gewerbeaufsichtsamt durchgeführt.

136) Vgl. auch MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 252.

nende Auswahl und Schulung[137] des Bedienungspersonals ergriffen werden. So ist unter anderem auch die Zahl der unterschiedlichen Bediener einer Anlage für deren Verschleiß von zum Teil erheblicher Bedeutung[138].

Schließlich können drittens in anderen Unternehmensbereichen Maßnahmen der Verschleißbeseitigung zur Ausführung kommen. So werden in der Literatur beispielsweise auch die Kosten für das verschleißbedingte Auswechseln von Werkzeugen u. ä. bezüglich ihrer Zugehörigkeit zu den Instandhaltungs- oder Produktionskosten diskutiert[139]. Grundsätzlich sollen diese Kosten hier den Instandhaltungskosten zugerechnet werden, sofern diese Maßnahme ausschließlich der austauschenden Verschleißbeseitigung dient. In vielen Fällen wird aber das Werkzeug auch nachgeschliffen oder in anderer Weise so behandelt werden können, daß es nach dieser "ausbessernden" Verschleißbeseitigung wieder eingesetzt werden kann. In beiden Fällen können die Kosten für das Werkzeug selbst in der Regel unmittelbar als Instandhaltungskosten erfaßt werden - außer wenn gleichartige Werkzeuge in größeren Mengen beschafft und Mengenrabatte erzielt werden oder sonstige für alle gleichzeitig beschafften Werkzeuge gemeinsame Kosteneinsparungen oder zusätzliche Kosten anfallen. Dies gilt auch für die "Ausbesserung" der Werkzeuge in der Instandhaltungswerkstatt. Demgegenüber wird die Erfassung der Kosten für das Auswechseln dann unmöglich, wenn dies von den in der Produktion Beschäftigten vorgenommen wird; es sei denn, für die Auswechselvorgänge würden gesonderte Überstunden angesetzt.

---

137) Hierbei kommen auch Prämienzahlungen infrage; vgl. dazu und ähnlich wirkenden Maßnahmen ausführlich MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 251 und die Fußnoten 15-2o sowie die dort angegebene Literatur.

138) Vgl. GROTHUS, H.: Die Total Vorbeugende Instandhaltung, S. 12of..

139) GIESBERT, H.: Erfassen und Überwachen, S. 19-22; HAMMER, E.: Aufpassen bei Werkzeugkosten, S. 26-27; RENKES, Dieter: Organisation und Planung der Instandhaltung in Hüttenwerken, in Stahl und Eisen, 89. Jg. (1969), Nr. 22, S. 1226-1231, hier S. 1231.

Im Anschluß an die (isolierte) Planung der Instandhaltungsleistungen ist eine Abstimmung mit anderen Unternehmensbereichen, hier insbesondere mit der Produktionsplanung, erforderlich. Die hierdurch verursachte Inanspruchnahme personeller Kapazitäten verursacht jedoch einerseits kaum relevante Kosten und andererseits wären diese nur beiden Bereichen gemeinsam zurechenbar. Dies gilt auch für die Kosten durch die Inanspruchnahme anderer Produktionsfaktoren (z. B. Energiebedarf für die Abstimmungsrechnung mittels EDV).

Sofern im Produktionsbereich Zwischenlager eingeplant und eingerichtet werden[14o], erleichtert dies zwar nicht unerheblich die Instandhaltungsplanung (speziell etwa die Reihenfolgeplanung der Instandhaltung). Dennoch sind diese Kosten in der Regel den Fertigungskosten zuzurechnen, da sie vornehmlich in Kauf genommen werden, um einerseits eine optimale Werkstatt(Transport-)Losgröße und andererseits eine Verminderung der möglichen Höhe wirtschaftlicher Nachteile bei einem Ausfall eines Betriebsmittels zu erzielen, wobei insbesondere die letztere Maßnahmenzielkomponente nicht durch die Instandhaltung sondern vielmehr durch Maßnahmen der Bekämpfung bzw. Vermeidung von Betriebsunterbrechungen[141] erreicht wird und dies insofern nicht zu Instandhaltungskosten führt.

Weiterhin ist in einigen Fällen die Abgrenzung der Instandhaltungskosten von denen der Forschung und Entwicklung notwendig. So ist beispielsweise zu klären, "...ob der versuchsweise Einsatz eines neuartigen Lagermaterials bei der Instandhaltung eines Lagers nun Versuchskosten oder Instandhaltungskosten sind"[142]. Aus funktionsori-

---

14o) Vgl. hierzu vor allem MÄNNEL, Wolfgang: Die Entstehung von Zwischenlagerungen in Industriebetrieben, in: Industrielle Organisation, 34. Jg. (1965), Nr. 1, S. 17-34.

141) Vgl. vor allem KOLLERER, H.: Betriebsunterbrechungen; OPFERMANN, K.: Kostenoptimale Zuverlässigkeit.

142) GIESBERT, H.: Instandhaltungskosten, S. 1633.

entierter Sicht sind hierbei nur die über die "normale" (bei Benutzung des üblichen Materials) hinaus zusätzlich entstehenden Kosten den Forschungs- und Entwicklungskosten zuzurechnen, wenn die Maßnahme zum Zeitpunkt eines ohnehin durchzuführenden Instandhaltungsauftrags vorgenommen wird.

Da schließlich die mit der Bereitstellung der für die Instandhaltung benötigten Produktionsfaktoren verbundenen Aufgaben vielfach von anderen Abteilungen (z. B. von Personalabteilung, Einkaufsabteilung) übernommen werden, sind als Instandhaltungskosten außerdem die Kosten zu erfassen, die mit der Erbringung dieser Leistungen für die Instandhaltung zusätzlich anfallen.

III. Auf die Objekte der Instandhaltung abstellende Abgrenzung der Instandhaltungskosten

Einige Autoren verwenden die Begriffe Betriebserhaltung[143], Werkserhaltung[144] und Fabrikinstandhaltung[145]. Sofern

---

143) Vgl. NIESEN, Gerd: Die Betriebserhaltung im chemischen Großbetrieb (unveröffentlichte Diplomarbeit), Köln 1956, insbesondere S. 3ff., zitiert bei MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 25; AROLD verwendet hier den Begriff der Betriebsinstandhaltung: AROLD, Karl-Heinz: Arbeitsvorbereitung und Leistungslohn für Betriebswartung und Betriebsinstandhaltung an bergbaulichen Übertageanlagen, in: Geplante Schnell-Instandsetzung und vorbeugende Instandhaltung für Bergbau, Eisenhütten- und ähnlich gelagerte Industrien, Vortragsveröffentlichungen Haus der Technik e. V., Essen 1964, S. 12-28, hier S. 12.

144) Vgl. STEINHÄUSER, Hugo und SCHULZ, Karlheinz: Kalkulation und Leistungsentlohnung in der Werkserhaltung, Erfahrungen mit Universal Maintenance Standard in einem Hüttenwerk, in: Stahl und Eisen, 87. Jg. (1967), Nr. 2, S. 97-103; KÖRBL, Otto: Aufbau der Abteilung Werkserhaltung, in: Maschinenmarkt, 72. Jg. (1966), S. 16-17; von KORTZFLEISCH, B.: Arbeitsablauforganisation und Delegation von Verantwortung in der Werkserhaltung von Hüttenwerden, in: Klepzig Fachberichte 1970, S. 186-190.

145) Vgl. GÖTZFRIED, F.: Wirtschaftliche Fabrikinstandhaltung, S. 410-412.

damit als Objekte der Instandhaltung ganze Werke oder Betriebe angesprochen werden, wird die "Instandhaltung" sehr weit ausgelegt. Denn in diesem Fall würden dazu neben den bereits angesprochenen Funktionen auch solche Maßnahmen zu zählen sein, die im Rahmen der Betriebsunterbrechungsversicherungen[146], Vermeidung oder Bekämpfung von Betriebsunterbrechungen[147] ergriffen werden, wozu dann beispielsweise auch die Vermeidung von Störungen im Beschaffungsbereich zählt. Schließlich könnte man zur "Betriebserhaltung" im weitesten Sinn sogar Maßnahmen der Forcierung des Absatzes zählen. Soweit kann jedoch der Begriff der Instandhaltung nicht gefaßt werden. Hingegen kann eine Maßnahme, die der Vermeidung bzw. Bekämpfung des Ausfalls einer Anlage dient, aber keine Instandhaltungsmaßnahme im Sinne der im vorigen Abschnitt beschriebenen Instandhaltungsfunktionen ist (wie etwa der Einbau von Redundanzteilen), zur Instandhaltung einer anderen Anlage (i. w. S.) zu rechnen sein, wenn nämlich die mit Redundanzteilen versehene Anlage als Verschleißhemmungsanlage für eine andere eingesetzt ist. In diesem Fall wäre der Einbau von Redundanzteilen in die eine Anlage eine Verschleißhemmungsmaßnahme bezüglich der anderen. Insofern sind auch die Kosten für die Bereitstellung und den Einbau des Redundanzteils als Instandhaltungs-(Verschleißhemmungs-)kosten zu erfassen. In der Regel wird die Instandhaltung daher auch auf (einzelne) Anlagen bezogen[148]. Zu den Anlagen werden hier alle dauerhaften, nicht beliebig teilbaren, eine Vielzahl von Nutzleistungen abgebenden, materiellen Vermö-

---

146) Vgl. z. B. FRANZ, Hans-Joachim: Die Betriebsunterbrechungsversicherung in der modernen Industriewirtschaft und ihre wachsende Bedeutung im Zeichen der Automation, Diss. Köln 1962; HAX, Karl: Grundlagen der Betriebsunterbrechungsversicherung, 2. Aufl. Köln und Opladen 1965.

147) Vgl. KOLLERER, H.: Betriebsunterbrechungen.

148) Es fällt allerdings dann schwer, eine Unterscheidung zwischen einer "Anlage" und einem Betrieb vorzunehmen, wenn der Betrieb aus einer durchgehenden Transferstraße (z. B. in der Stahlindustrie) besteht.

gensgegenstände (Sachanlagen) gezählt[149].

Für die Planung der Instandhaltungsleistungen und -kosten ist allerdings selbst diese Objektabgrenzung noch zu umfassend, weil die einzelnen Anlagenteile in der Regel sehr unterschiedliche Instandhaltungsleistungen erfahren. Daher wird auch in der Literatur vorgeschlagen, die Anlagen noch weiter zu unterteilen[150] und die Instandhaltungsobjekte beispielsweise dadurch zu kennzeichnen, "...daß sowohl bei Ausfall als auch bei vorbeugenden Reparaturen stets die Einheit insgesamt..."[151] ausgetauscht bzw. repariert wird. Obwohl erst für solche (kleineren) Einheiten eine (am Verschleiß orientierte) Planung von Instandhaltungsleistungen und -kosten möglich wird, darf nicht übersehen werden, daß eine wirtschaftliche Instandhaltung einer Anlage nur möglich ist, wenn die Instandhaltung aller ihrer Komponenten aufeinander abgestimmt erfolgt.

IV. Auf die Ursache des Anfalls der Kosten abstellende Abgrenzung der Instandhaltungskosten

Mit der verschleißbedingten Minderung oder völligen Abnahme der Leistungsfähigkeit von Anlagen oder Anlagen-

---

149) Vgl. zum Begriff der Anlagen: MÄNNEL, W.: Produktionsanlagen, Eignung von, Sp. 1466-1468. DERS.: Anlagen, Sp. 138; DAHMEN, U.: Nutzungsdauer, S. 4-7; LINTZHÖFT, H.: Kosten für Potentialfaktoren, S. 8-10; von BRIEL, Hansrudolf: Die Ermittlung der wirtschaftlichen Nutzungsdauer von Anlagegütern, Zürich 1955, S. 12-16; Von diesen Anlagen sollen sowohl Vertrags- als auch Eigentumspotentiale (vgl. zu diesem Begriffen LANGE, Christoph: Die betriebliche Anpassung an den Einsatz umweltpolitischer Instrumente, Diss. Dortmund 1976 vor allem S. 125-154), aktivierungspflichtige und nicht aktivierungspflichtige Anlagen in die Betrachtung einbezogen werden. Der Begriff der Anlageneinheit wird hier synonym zum Begriff der Anlage verwendet.

150) So z. B. STEFFEN, R.: Anlagenkosten, S. 304.

151) KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 142.

elementen sind in der Regel[152] wirtschaftliche oder sonstige Nachteile (z. B. Unfallgefahr für das Bedienungspersonal) verbunden[153]. Diese nachteiligen Verschleißwirkungen[154] werden vielfach auch als "Ausfallkosten"[155], "indirekte Instandhaltungskosten"[156] oder als "Abnahme der Nutzenstiftung"[157] bezeichnet. Da Instandhaltungsmaßnahmen die verschleißbedingten ökonomischen Nachteile vermindern bzw. vermeiden sollen, sind die Kosten von Instandhaltungsmaßnahmen insofern ebenfalls auf den Verschleiß der Anlagen zurückzuführen. Daher wird der Begriff der Verschleißwirkungen zum Teil so weit gefaßt, daß zu diesen auch die Kosten zur Erhaltung und Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit von Anlagen zählen[158]. Hierbei interpretiert man solchen ökonomischen Verschleißwirkungen (schadens-)vorbeugende (Instandhaltungs-)Kosten zur Erhaltung der Leistungsfähigkeit von Anlagen als indirekte und schadensbedingte (Instandhaltungs-)Kosten zur Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit als direkte Schadenskosten, wie dies aus Abb. 1.2 ersichtlich ist. Dieser Einteilung liegt somit die Überlegung zugrunde, daß die Instandhaltungskosten als "Scha-

---

152) Bei Bereitschafts- und Reserveanlagen kommen diese allerdings nicht sofort, sondern erst bei deren Inbetriebnahme zum Tragen.

153) Auf einzelne Arten solcher Verschleißwirkungen wird im Abschnitt D des 3. Kapitels dieser Arbeit noch ausführlich eingegangen.

154) Diese Bezeichnung verwendet beispielsweise auch KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 9-12.

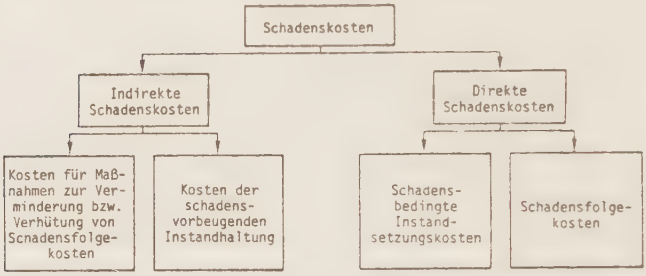
155) Diesen Begriff wählt z. B. MÄNNEL, Wolfgang: Anlagenausfallkosten, in: Handbuch Instandhaltung (Veröffentlichung in Vorbereitung); SPICKENHEUER, Werner: Optimale vorbeugende Instandhaltung unter Einbeziehung von Justierung und minimaler Reparatur, Diss. Bonn 1976, S. 18.

156) Vgl. zu dieser Begriffsfassung bspw. BROCKER, H.: Gedanken zur Situation der Instandhaltung, S. 37-43, hier S. 37.

157) Vgl. hierzu MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 32-34.

158) Vgl. REDEKER, G.: Technische und betriebswirtschaftliche Grundlagen, S. 64; DERSELBE: Schadensfolgekosten-Ermittlung als Planungsgrundlage für die vorbeugende Instandhaltung, in: Industrielle Organisation, 4o. Jg. (1971), Nr. 5, S. 211-215, hier S. 211.

Abb. 1.2: Schematische Darstellung eines die Instandhaltungskosten umfassenden Begriffs der Schadenskosten



den" aus dem Verschleiß der Anlagen resultieren bzw. daß sie gerade wegen eines zu erwartenden bzw. eingetretenen Schadens in Kauf zu nehmen und insofern auch zu den Schadenskosten zu rechnen sind.

Demgegenüber werden bei weiterer Fassung des Begriffs der Instandhaltungskosten diesen auch die (anderen) Verschleißwirkungen zugerechnet. Dies wird vor allem deutlich bei der Unterteilung in direkte und indirekte Instandhaltungskosten[159]. Bei dieser Zuordnung läßt man sich von der Vorstellung leiten, daß die "indirekten" Instandhaltungskosten deswegen entstehen, weil Instandhaltungsmaßnahmen nicht rechtzeitig, nicht in genügender Qualität oder nicht schnell genug durchgeführt werden und insofern diese Verschleißwirkungen indirekt durch die (unzureichende) Instandhaltung verursacht werden.

Beide Begriffsbildungen mögen zunächst plausibel erscheinen, sind jedoch nicht unproblematisch. Die Kosten

---

159) Vgl. BROCKER, H.: Gedanken zur Situation der Instandhaltung, S. 37. Die Verschleißwirkungen werden ebenfalls zu den Instandhaltungskosten gerechnet von SCHELO, S. J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 1o2-1o4; WOLPERS, Friedrich: Leistungsschaltung und Wartungsintensität, Göttingen 1977, S. 37-38; KRESS, H.: Untersuchungen zur Bestimmung der optimalen Organisation von Instandhaltungsarbeiten, S. 85.

schadensbedingter bzw. schadensvorbeugender Instandhaltung (wie in Abb. 1.2) den direkten bzw. indirekten Schadenskosten zuzuordnen, ist zumindest soweit mißverständlich, als Instandhaltungsmaßnahmen ja gerade zur Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit und damit zur Beseitigung des Schadens bzw. zur Erhaltung der Leistungsfähigkeit und somit zur Verhütung des Schadens durchgeführt werden. Dieser Einteilung mag allenfalls insoweit zuzustimmen sein, als solche Instandhaltungskosten zu den Schadenskosten gerechnet werden könnten, die aufgrund der erst bei einem Ausfall (bei einem bereits eingetretenen Schaden) gegenüber einer rechtzeitig, geplant erfolgenden Instandhaltung zusätzlich entstehen, weil dann z. B. der Verschleiß soweit fortgeschritten ist, daß statt einer relativ wenig aufwendigen ausbessernden Reparatur ein vergleichsweise teurer Teilewechsel erforderlich wird. Aufgrund ähnlicher Überlegungen sind bei weiter Fassung des Begriffs "Instandhaltungskosten" von den diesen zugeordneten Verschleißwirkungen allenfalls diejenigen - und dann zumindest teilweise auch nur in Form von Opportunitätskosten[160] - als Instandhaltungskosten zu erfassen, die instandhaltungsbedingt zusätzlich (z. B. wegen überlanger Wartezeiten auf jeweils bei einem Ausfall neu zu beschaffende, nicht gelagerte Ersatzteile) in Kauf genommen werden müssen.

Drittens wird in der Literatur zwar eine unmittelbare Trennung von Instandhaltungskosten und (anderen) ökonomisch nachteiligen Verschleißwirkungen formell vorgenommen[161], aber sie erfolgt zumeist ohne eine detailliertere Festlegung der Begriffsinhalte. Eine konsequente

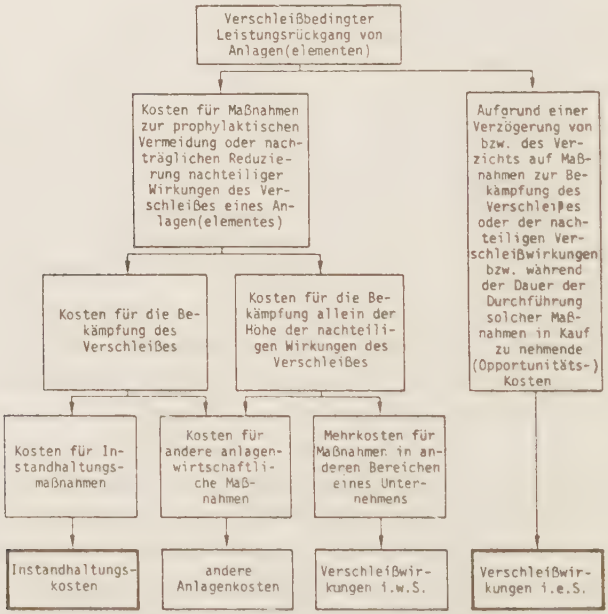
---

160) Vgl. zum Begriff der Opportunitätskosten HUMMEL, Siegfried und MÄNNEL, Wolfgang: Kostenrechnung, 2, Wiesbaden 1978, S. 44.

161) Vgl. z. B. CORDER, Antony: Maintenance management techniques, London 1976, S. 45; WIEGEL, Heinrich: Integrierte Instandhaltung, in: Veröffentlichungen zum 1. Europäischen Kongreß Instandhaltung, Wiesbaden 1972, S. 7-38, hier S. 10; SPICKENHEUER, W.: Optimale vorbeugende Instandhaltung, S. 18; GOTTSCHALK, E. u. a.: Ermittlung einer Instandhaltungsstrategie, S. 91.

(inhaltliche) Trennung ist wegen einer Reihe bereits beispielhaft erläuterter Überschneidungen auch höchstens in Einzelfällen einzuhalten. Wenngleich somit eine allgemeingültige strenge Grenzziehung nicht möglich ist, lassen sich die insgesamt auf den Anlagenverschleiß zurückzuführenden Kosten dennoch weiter systematisieren, wie dies schematisch in Abb. 1.3 dargestellt ist und im folgenden kurz erläutert wird: Grundsätzlich kann

Abb. 1.3: Schematische Darstellung zur Abgrenzung der Instandhaltungskosten von (anderen) nachteiligen ökonomischen Verschleißwirkungen



man davon ausgehen, daß mit dem Verschleiß von Anlagen(-elementen) ein allmählicher oder sprunghaft einsetzender Rückgang der Leistungsfähigkeit der betreffenden Anlagen(-elemente) verbunden ist. Reagiert man darauf nicht mit entsprechenden Maßnahmen - z. B. weil die Anlage ohnehin kurzfristig ausgemustert werden soll - oder verzögert sich der Einsatz solcher Maßnahmen, so sind (zum Teil auch während der Durchführung dieser Maßnahmen)

nachteilige (ökonomische und sonstige) Auswirkungen in Kauf zu nehmen, die in Abb. 1.3 als Verschleißwirkungen i. e. S. bezeichnet sind.

Zur Bekämpfung, d. h. zur möglichst weitgehenden Vermeidung, zur Reduzierung oder zum (nachträglichen) Abbau dieser Verschleißwirkungen können entweder unmittelbar den Verschleiß oder aber allein die Höhe der Verschleißwirkungen bekämpfende Maßnahmen ergriffen werden. Maßnahmen letzterer Art können einerseits Aktivitäten in unterschiedlichen Unternehmensbereichen sein, wie etwa in der Beschaffung (Fremdbezug von Teilen einer höheren Verarbeitungsstufe), in der Produktion (Einlegen von Überstunden an anderen Anlagen bzw. an der ausgefallenen Anlage nach deren Reparatur) usw., so daß die verminderte Produktionsleistung der ausgefallenen Anlage unter Inkaufnahme entsprechender Mehrkosten ausgeglichen wird. Diese Mehrkosten sind in Abb. 1.3 als Verschleißwirkungen i. w. S. bezeichnet. Andererseits können im Rahmen der Anlagenwirtschaft Maßnahmen durchgeführt werden, wie etwa der Einbau von Redundanzteilen, die für den Fall des (vollständigen) Verschleißes eines Teiles dessen Funktion übernehmen und so die Höhe der ansonsten in Kauf zu nehmenden Verschleißwirkungen möglichst niedrig halten bzw. diese sogar gänzlich vermeiden. Der Instandhaltung dienen solche Maßnahmen allerdings ebenfalls insofern, als sie beispielsweise dazu beitragen können, die Instandhaltungszyklen zu verlängern, den Bestand im Ersatzteillager möglichst niedrig zu halten, Eilbestellungszuschläge bei Ersatzteilbeschaffungen einzusparen, die Planung und Durchführung der Instandhaltung zu erleichtern usw..

Als Maßnahmen, die unmittelbar am Verschleiß ansetzen, können zum einen wiederum anlagenwirtschaftliche Aktivitäten, wie etwa Anlagenverbesserungsmaßnahmen oder eine vorsichtige Bedienungsweise der Anlage im Rahmen der Anlagennutzung, einen langsameren Verschleißfortschritt bewirken. Zum anderen sind hier insbesondere die Instandhaltungsmaßnahmen von Bedeutung, die den Verschleiß beobachten, hemmen oder beseitigen.

Obwohl somit letztlich auch die Instandhaltungs-, andere Anlagenkosten und Kosten anderer Unternehmensteilbereiche auf den Verschleiß von Anlagen(-elementen) zurückzuführen sind, bietet es sich doch an, die in Abb. 1.3 als Verschleißwirkungen i. e. S. und Verschleißwirkungen i. w. S. bezeichneten ökonomisch nachteiligen Auswirkungen den Kosten der anlagenwirtschaftlichen Aktivitäten und hier insbesondere den Instandhaltungskosten gewissermaßen als deren Nutzen gegenüberzustellen. Schon aus diesem Grunde sollte man sich darum bemühen, die Instandhaltungskosten von solchen anderen Verschleißwirkungen abzugrenzen. Hinzu kommt, daß für eine Reihe von Rechnungszwecken ohnehin eine getrennte Ermittlung erforderlich ist. Außer aufgrund unterschiedlicher Ansatzpunkte und Methoden der Erfassung ist eine Differenzierung z. B. notwendig für die Planung der Kosten von Instandhaltungsleistungen, für die Festlegung von Instandhaltungspolitiken, für Entscheidungen zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung, für die Wahl des Instandhaltungsverfahrens, für die Planung der Reihenfolge der Durchführung von Instandhaltungsleistungen und ähnliche Wahlprobleme.

B Systematisierung der Instandhaltungskosten

Die bisher vorgenommene Abgrenzung der Instandhaltungskosten wird in diesem Abschnitt um eine Systematisierung der Instandhaltungskosten ergänzt, mit der insbesondere zwei Ziele verfolgt werden. Zum einen soll untersucht werden, welche Kosten(arten) im einzelnen zu den Instandhaltungskosten zählen. Zum anderen wird (vornehmlich) eine Strukturierung der Instandhaltungskosten angestrebt, die Aufschluß darüber gegen soll, welche Kategorien von Instandhaltungskosten zu bilden sind[162], um eine bedarfs-

---

162) In diesem Sinne fordert WIEGEL (H.: Transparenz der Instandhaltekosten, S. 176) die Instandhaltungskotransparent zu machen; vgl. ähnlich MELLEROWICZ, Konrad: Kostenpolitik und Kostentransparenz bei der Instandhaltung von Maschinenanlagen , in: Schmiertechnik und Tribologie, 15. Jg. (1968), Heft 2, S. 70-72 und S. 75-76.

orientierte Planung der Instandhaltungskosten zu ermöglichen. Zunächst wird hierzu untersucht, inwieweit bereits entsprechende Systematisierungsansätze existieren.

I. Überblick über Ansätze zur Systematisierung der Instandhaltungskosten in der Literatur

In der Literatur ist eine Reihe zum Teil erheblich voneinander abweichender und unterschiedlich detaillierter Ansätze zur Systematisierung der Instandhaltungskosten anzutreffen, die im folgenden vornehmlich im Hinblick auf ihre Eignung für die Planung und Kontrolle der Instandhaltungskosten untersucht werden sollen.

Eine erste Grundlage für die Erfassung, Planung und Kontrolle der Instandhaltungskosten mag man in einer Differenzierung der Instandhaltungskosten nach der Art bzw. dem Ziel der Instandhaltungsleistungen in die Kosten der Beobachtung, Hemmung und Beseitigung des Verschleißes sehen[163], um so etwa einen Ansatzpunkt für eine wirtschaftliche (Um-)Strukturierung der Leistungsarten zu schaffen. Sofern sich allerdings die Untergliederung der Instandhaltungskosten an diesem Kriterium allein orientiert, ist sie für die Planung und Kontrolle der Instandhaltungskosten noch relativ wenig aussagefähig. Denn das hätte zur Voraussetzung, daß die einzelnen Leistungsarten (Verschleißbeobachtung, -hemmung und -beseitigung) jeweils spezifische, ihnen allein zurechenbare Kosten verursachten, so daß man etwa auch bereits von Art und Anzahl der Maßnahmen auf die Instandhaltungskosten der Planperiode schließen könnte. Dies ist aber zumindest in der Regel schon deswegen nicht der Fall, weil selbst Instandhaltungsleistungen eines Typs (z. B. Verschleißbeseitigung) dann unterschiedlich hohe und verschieden strukturierte Kosten verursachen, wenn für

163) Vgl. so z. B. KOGER, E.: Kosten der Instandhaltung, S. 15-18; KOGER bezieht von diesen allerdings nur die Kosten der "Pflege und Überholung" der Betriebsanlagen ein. MELLEROWICZ, Konrad: Betriebswirtschaftslehre der Industrie, 6. Aufl., Bd. I., Freiburg im Breisgau 1968, S. 167.

die betreffenden Leistungen verschiedene Verfahren zur Anwendung kommen (so läßt sich beispielsweise eine Verschleißbeseitigung sowohl durch ausbessernde als auch austauschende Reparaturen vornehmen). Und selbst wenn die Verfahren und sonstige, die Durchführung eines Instandhaltungsauftrages kennzeichnende Merkmale (z. B. auch der Termine), übereinstimmen, können die instandhaltungsleistungsbezogenen Kosten deshalb voneinander erheblich abweichen, weil die Maßnahmen an verschiedenartigen Anlagen oder Anlagenelementen durchgeführt werden.[164)]

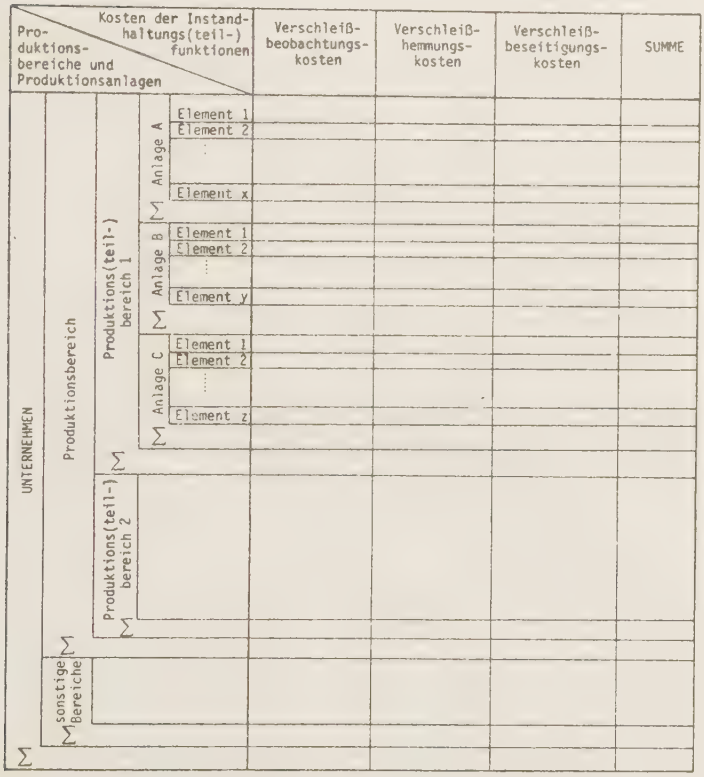
Insofern bietet es sich an, die Instandhaltungskosten nicht nur nach der Art der Instandhaltungsleistungen, sondern zusätzlich zumindest auch nach den Objekten, an denen diese vorgenommen werden, zu differenzieren[165)]. Dies führt zu einer Struktur der Instandhaltungskosten, die sich auf die Leistungsseite der Instandhaltung bezieht, die man insofern auch als "instandhaltungsoutputorientiert" bezeichnen könnte. In Abb. 1.4 ist eine solche Struktur beispielhaft dargestellt. Sofern hierbei die Objekteinheit nicht zu komplex gewählt wird, sich

---

164) Diese Aussagen gelten in gleicher Weise für die alleinige Unterteilung der Instandhaltungskosten in solche für geplante und ungeplante Instandhaltungsmaßnahmen. Auch hier kann nicht von der Zahl der Instandhaltungsleistungen auf die Kosten der Planperiode geschlossen werden. Von einer solchen unzureichenden Unterscheidung gehen bspw. aus: REICHWALD, Ralf und SIEVI, Christian: Produktionswirtschaft, in: Industriebetriebslehre, hrsg. von Edmund HEINEN, 4. Aufl., Wiesbaden 1975, S. 281-418, hier S. 323f.

165) So z. B. KRELL, P. G. - RÖMER, G.: Instandhaltungskosten von Transportmitteln erfassen und senken, in: Werkstattstechnik, 66. Jg. (1976), S. 329-337; SANFLEBER, H. - OLLENSCHLÄGER, G. - SCHUMACHER, J.: Kosten der Instandhaltung, in: Instandhaltung - ein Managementproblem, hrsg. vom ARBEITSKREIS INSTANDHALTUNG DER SCHMALENBACH-GESELLSCHAFT, Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen Nr. 2383, Köln 1974, S. 163-2o6, hier S. 177, die in die Instandhaltungskosten für Grundstücke und Gebäude, für Maschinen und maschinelle Anlagen sowie für Betriebs- und Geschäftsausstattung unterscheiden; THOMAS, Manfred: Instandhaltungskosten, in: Controller Magazin, Jg. 1978, Heft 2, S. 69-74, hier S. 69-7o.

Abb. 1.4: Schematische Darstellung einer "Instandhaltungs-outputorientierten" Strukturierung der Instandhaltungskosten



also - im Extremfall - auf einzelne Anlagenelemente bezieht, kann diese gleichzeitig nach zwei Kriterien zu vollziehende Unterscheidung ein wichtiger Anhaltspunkt für die Erfassung, Planung und Kontrolle der Instandhaltungskosten sein. Zumindest erlaubt sie die Ermittlung besonders "instandhaltungsintensiver" Objekte. Die Erforschung der Ursachen solcher Kostenschwerpunkte gelingt dabei umso eher, je detaillierter die Objektgliederung gestaltet wird. Sofern die Systematisierung der Instandhaltungskosten allerdings ausschließlich auf diese beiden Kriterien beschränkt bleibt, bleiben einige Probleme offen. So lassen sich bestimmte Kosten(arten) einzelnen Instandhaltungsobjekten und -leistungen nicht

verursachungsgerecht zurechnen und sind daher nur für eine Gruppe oder sogar die Gesamtheit der Objekte erfaßbar und plan- bzw. kontrollierbar. Außerdem sind die Kosten von Instandhaltungsleistungen - selbst wenn das Instandhaltungsverfahren und ähnliche Merkmale identisch sind - nicht nur von der Art des jeweiligen Objektes abhängig, sondern variieren zumeist auch mit dessen Verschleißniveau. Tendenziell erfordert nämlich die Reparatur eines weniger "verschlissenen" Anlagenelementes geringere Kosten als die eines entsprechend stärker abgenutzten[166].

Vor allem ist gegen die beschriebenen Systematisierungsansätze einzuwenden, daß sie ausschließlich die "outputorientierte" Struktur der Instandhaltungskosten (Leistungen und Objekte) berücksichtigen, nicht aber deren "inputbezogene" Zusammensetzung, also Art und Umfang der zur Leistungserstellung benötigten Produktionsfaktoren nicht beachten und damit auch das möglicherweise unterschiedliche Verhalten einzelner Kostenarten bei Änderungen des "Outputs" weder erkennen noch erklären können.

Für eine in dieser Richtung weitergehende Analyse sowie eine fundierte Planung und effiziente Kontrolle der Instandhaltungskosten müssen diese Ansätze daher zusätzlich um eine eher "inputorientierte" Strukturierung der Instandhaltungskosten ergänzt werden. Dies setzt zunächst eine vollständige Erfassung der Instandhaltungskostenarten voraus.

Ein erster Schritt zu einer diese Struktur der Instandhaltungskosten würdigenden Analyse besteht in der Trennung zwischen den Kosten für Eigen- und Fremdinstand-

---

166) Allerdings kann in einigen Fällen auch gerade die umgekehrte Tendenz eintreten, wie etwa dann, wenn besonders "feine", sehr sorgfältig vorzunehmende Ausbesserungsarbeiten in einem relativ frühen Verschleißstadium an einzelnen Anlagenelementen höhere Kosten verursachen als das Auswechseln der betreffenden Teile bei ihrer völligen Abnutzung. Vgl. hierzu MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 111-113.

haltungsleistungen[167]. Zweck dieser Unterscheidung ist dabei vielfach die Abspaltung der primären (Fremd-) von den sekundären[168] (Eigen-)Instandhaltungskosten[169]. Die Instandhaltungsmaterial- und Ersatzteilkosten werden dabei - auch wenn diese Stoffe zur Erbringung von Leistungen durch die unternehmenseigene (innerbetriebliche) Instandhaltungsabteilung zum Einsatz kommen - einerseits zu den primären[17o], wenn sie noch für den Instandhaltungsauftrag beschafft werden müssen (bzw. mußten) und andererseits, wenn sie aus dem Material- und Ersatzteillager entnommen werden, zu den sekundären[171] Kosten gerechnet. Hierauf wird später noch eingegangen[172].

---

167) Zumeist werden von den Autoren, die eine solche Trennung vornehmen, daneben auch noch - ohne weitere Einordnung als Eigen- oder Fremdinstandhaltungskosten - Material- und Ersatzteilkosten genannt; vgl. so z.B. GIESBERT (H.: Erfassen und Überwachen, S. 3o-36), der für eine aussagefähige Erfassung und Gliederung der Instandhaltungskosten die Unterteilung in Kosten für Werkstattleistungen (ohne weitere Differenzierung), Magazinmaterial und Fremdrechnungen als ausreichend erachtet. Vgl. ähnlich KILGER, Wolfgang: Einführung in die Kostenrechnung, Opladen 1976, S. 138f.; MÜLLER, Heinrich: Der Soll-Ist-Kosten-Vergleich, in: Grenzplankostenrechnung und Datenverarbeitung, hrsg. von Hans-Georg PLAUT, Heinrich MÜLLER und Werner MEDICKE, 3. Aufl., München 1973, S. 61-194, hier S. 1oo; SCHÄFER, Gerhard: Die Abgrenzung der Reparaturkosten - ein vernachlässigtes Problem, in KRP, Jg. 1964, Heft 1, S. 31-36, hier S. 31-33.

168) Vgl. zum Begriff der primären und sekundären Kosten z. B. KOSIOL, Erich: Primäre und sekundäre Kosten - Gedanken zur Kostenartenabgrenzung, in: KRP, Jg. 1974, Heft 3, S. 117-12o; HUMMEL, S. und MÄNNEL, W.: Kostenrechnung 1, S. 85-88; KILGER, W.: Einführung in die Kostenrechnung, insbesondere S. 15.

169) Vgl. so z. B. GROCHLA, E.: Die Kalkulation von öffentlichen Aufträgen, S. 4o; KILGER, W.: Einführung in die Kostenrechnung, S. 73 und 138 f.; KÖLBEL, Herbert und SCHULZE, Joachim: Wirtschaftlichkeitskontrolle der Instandhaltung in Chemiebetrieben, in: ZfB, 35. Jg. (1965), 1. Ergänzungsheft, S. 29-34, hier S. 31; SCHILLING, H.: Planmäßige Anlagenpflege, S. 68, 71 und 87; STEFFEN, R.: Analyse, S. 65.

17o) So z. B. KILGER, W.: Einführung in die Kostenrechnung, S. 138f..

171) So z. B. SCHILLING, W.: Planmäßige Anlagenpflege, S. 68-71. Dies kommt auch in der Unterteilung in Löhne, Materialentnahmen und Fremdabrechnungen zum Ausdruck bei GROTHUS, Horst: Instandhaltekosten budgetieren, Dorsten 1973, S. 63-68; MEYER, Heinz-Joa-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Bei weiteren Vorschlägen zur Systematisierung der Instandhaltungskosten steht in der Literatur vielfach das Gliederungskriterium "Art der eingesetzten Produktionsfaktoren" bzw. die Untergliederung nach natürlichen Kostenarten im Vordergrund. Diesbezüglich ist jedoch festzustellen, daß die Instandhaltungskosten nur in wenigen Ausnahmefällen auch nur annähernd vollständig erfaßt werden, wie aus Abb. 1.5 zu ersehen ist.

So beschränkt man sich etwa auf eine Untergliederung in Personalkosten, Instandhaltungsmaterial- und Ersatzteilkosten sowie Fremdleistungskosten[173]. Außerdem werden beispielsweise von den Personalkosten nur die Löhne aufgeführt oder die Fremdleistungskosten vernachlässigt[174]. Darüber hinaus vermischt man die Systematisierung nach natürlichen Kostenarten mit anderen Gliederungskriterien. So differenziert etwa DIETZ sowohl nach natürlichen Kostenarten in Löhne, Ersatzteile und Reparaturstoffkosten sowie Fremdreparaturkosten, als auch nach dem Umfang der Leistungen zusätzlich in Kosten für Großreparaturen und schließlich noch nach dem funktionalen Entstehungsbereich in Kosten für Werkstattleistungen[175].

Umfassender und einheitlicher sowie detaillierter werden die Instandhaltungskosten (wie in Abb. 1.5 darge-

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
chim - WELTI, Otto: Wartung von Werkzeugmaschinen und Werkzeugen, München 1968, S. 16o; GIESBERT, H.: Erfassen und Überwachen, S. 31-35; MÜLLER, H.: Der Soll-Ist-Kosten-Vergleich, S. 1oo.

172) Vgl. hierzu den Abschnitt B II. dieses Kapitels.

173) So WILLE, Friedrich: Wege zur Senkung der Instandhaltungskosten, in: Maschine und Manager, Jg. 1961, Nr. 3, S. 44-51, hier S. 44.

174) Vgl. GROTHUS, H.: Instandhaltekosten budgetieren, S. 63-68; MEYER, H.-J. - WELTI, O.: Wartung von Werkzeugmaschinen und Werkzeugen, S. 16o; STEFFEN, R.: Anlagenkosten, S. 3o4; DIETZ, H.: Reparaturplanungen, S. 152; REDEKER, G.: Technische und betriebswirtschaftliche Grundlagen, S. 68; GROTHUS, H.: Die Planung der Abnutzungskosten, S. 159; STEFFEN, R.: Anlagenkosten, S. 3o4

175) Vgl. DIETZ, H.: Reparaturplanungen, S. 152.

Abb. 1.5: Überblick über in der Literatur am häufigsten genannte (natürliche) Kostenarten der Instandhaltung

Kostenarten / Autoren		Fremdleistungskosten	Kosten der Eigeninstandhaltung									
			Materialkosten	Personalkosten			Energiekosten	Hilfs- und Betriebsstoffkosten	Betriebsmittelkosten			
				Löhne	Gehälter	Sozialaufwendungen			Werkzeugkosten	Abschreibungen	Zinsen	Raumkosten
1	STEFFEN		▨	▨								
2	SCHEER		▨	▨								
3	BROCKER	▨	▨	▨								
4	GROTHUS	▨	▨	▨								
5	MEYER/WELTI	▨	▨	▨								
6	DIETZ	▨	▨	▨								
7	HERZIG	▨	▨	▨				▨				
8	REDEKER		▨	▨	▨	▨						
9	ORDELHEIDE	▨	▨	▨	▨	▨						
10	WILLE	▨	▨	▨	▨	▨						
11	TAUBERT	▨	▨	▨		▨	▨		▨			
12	SCHELO		▨	▨	▨		▨	▨	▨	▨	▨	▨
13	WIEGEL		▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	
14	SCHILLING	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
15	MIDDELMANN	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	

1 STEFFEN, Reiner: Ermittlung von Anlagenkosten auf der Grundlage betriebswirtschaftlicher Instandhaltungsstrategien, in: ZwF, 69. Jg. (1974), Heft 6, S. 303-306, hier S. 304.

2 SCHEER, August-Wilhelm: Instandhaltungspolitik, Wiesbaden 1974, S. 95.

3 BROCKER, Helmut: Gedanken zur Situation der Instandhaltung, in: Arbeitsvorbereitung, 11. Jg. (1974), Heft 2, S. 37-43, hier S. 37.

4 GROTHUS, Horst: Instandhaltekosten budgetieren, Dorsten 1973, S. 63-68.

5 MEYER, Heinz-Joachim - WELTI, Otto: Wartung von Werkzeugmaschinen und Werkzeugen, München 1968, S. 160.

6 DIETZ, Helmut: Die Durchführung von Reparaturplanungen und deren Bedeutung für die Stabilisierung der Kapazität in einem gemischten Eisen-Hütten-Werk, Diss. Nürnberg 1960, S. 152.

7 HERZIG, Norbert: Die theoretischen Grundlagen betrieblicher Instandhaltung, Meisenheim am Glan 1975, S. 337.

8 REDEKER, Georg: Technische und betriebswirtschaftliche Grundlagen für die Methodenwahl bei der Erhaltung betrieblicher Anlagen, Diss. Hannover 1969, S. 68.

9 ORDELHEIDE, Dieter: Instandhaltungsplanung, Wiesbaden 1973, S. 74,78.

10 WILLE, Friedrich: Wege zur Senkung der Instandhaltungskosten, in: Maschine und Manager, Jg. 1961, Nr. 4, S. 44-51, hier S. 44.

11 TAUBERT, D.: Erfassung und Auswertung der Instandhaltungskosten, in: Aktuelle Probleme der Instandhaltung, VDI-Berichte Nr. 215, Düsseldorf 1974, S. 49-57, hier S. 50.

12 SCHELO, Stephan Jürgen: Integrierte Instandhaltungsplanung und -steuerung mit elektronischer Datenverarbeitung, Berlin 1972, S. 101f.

13 WIEGEL, Heinrich: Transparenz der Instandhaltekosten - ein Mittel zur Betriebsführung, in: Stahl und Eisen, 88. Jg. (1968), Nr. 4, S. 172-176, hier S. 173-175.

14 SCHILLING, Heinrich: Planmäßige Anlagenpflege und Anlagenerhaltung in der chemischen Industrie, Diss. Darmstadt 1958, S. 68-74.

15 MIDDELMANN, Ulrich: Planung der Anlageninstandhaltung, Wiesbaden 1977, S. 140.

stellt) nur von wenigen Autoren strukturiert[176].

Obwohl die Differenzierung nach der Art der eingesetzten Produktionsfaktoren bzw. nach natürlichen Kostenarten bereits erste Anhaltspunkte für die Abhängigkeit der Instandhaltungskosten vom Instandhaltungsvolumen aufgrund der besonderen Merkmale einiger Kostenarten liefern kann - so werden in der Regel die Gehälter (zumindest auf kurze Sicht) von Änderungen des Instandhaltungsvolumens in der Planperiode gar nicht berührt - reicht diese Untergliederung allein für die Planung der Instandhaltungskosten noch nicht aus. Hierzu muß vielmehr untersucht werden, wie sich die einzelnen Instandhaltungskostenarten bei Änderungen des Instandhaltungsvolumens verhalten. Entsprechende weitergehende Differenzierungen der Instandhaltungskosten sind in der Literatur allerdings nur vereinzelt anzutreffen. Ein - wenn auch noch bescheidener - Ansatz dazu ist bei SCHELO[177] zu erkennen, der die Instandhaltungskosten (ohne Berücksichtigung von Fremdleistungskosten) in Kosten der Instandhaltungsorganisation einerseits und Materialkosten andererseits unterteilt. KRESS[178] gliedert in Personal- und Materialkosten (für die laufende Durchführung der Instandhaltungsarbeiten), laufende Verwaltungskosten (für die Planung, Steuerung und Überwachung der Instandhaltung) sowie einmalige Kosten der Errichtung des Organisationssystems und differenziert damit nach der Regelmäßigkeit des Kostenanfalls, nach den Phasen der Leistungserstellung (Planung, Durchführung, Kontrolle) und nach der Art der ein-

---

176) Vgl. TAUBERT, D.: Erfassung und Auswertung, S. 5o; SCHILLING, H.: Planmäßige Anlagenpflege, S. 1o1f.; MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 142; er erwähnt außerdem noch betriebsnahe und -ferne Verwaltungskosten und zählt die Fremdleistungskosten zu den Reparaturbetriebskosten.

177) Vgl. SCHELO, S. J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 1o1-1o2.

178) Vgl. KRESS, H.: Untersuchungen zur Bestimmung der optimalen Organisation von Instandhaltungsarbeiten, S. 85; er erwähnt außerdem als weiteren Kostenbestandteil den "entgangenen Gewinn".

gesetzten Produktionsfaktoren. Das Verhalten der Kosten bzw. deren Abhängigkeiten und Einflußgrößen werden von beiden Autoren jedoch nicht näher erläutert. Insofern gehen andere Autoren einen Schritt weiter, indem sie (Instandhaltungs-)Auftragseinzel- und -gemeinkosten unterscheiden[179] und so zumindest die Zurechenbarkeit der Instandhaltungskosten auf einzelne Instandhaltungsaufträge berücksichtigen. Eine direkte Unterscheidung zwischen - bezüglich des Instandhaltungsvolumens - fixen und variablen Kosten, die einen für die Planung und Kontrolle der Instandhaltungskosten unmittelbaren Anhaltspunkt bietet, wird dagegen nur in Ausnahmefällen vorgenommen[180] [181] Demgegenüber werden Instandhaltungskosten vielfach auch nach der Abhängigkeit vom Produktionsvolumen in fixe und variable Anteile aufgeteilt[182]. Allerdings ordnet man dabei die Instandhaltungskosten diesen beiden Kostenkategorien zumeist durch grobe Schätzungen zu. Die Systematisierung der Instandhaltungskosten ist somit vor allem im Hinblick auf eine die Grundsätze des entscheidungsorientierten Rechnungswesens konsequent berücksichtigende sachgerechte Kostenspaltung weiterzuentwickeln. Diesem Ziel dienen die unterschiedlichen, auf verschiedene Gliederungskriterien abstellenden, aufeinander aufbauenden Differenzierungen der Instandhaltungskosten (vgl. hierzu auch Abb. 1.6) in den folgenden Abschnitten.

---

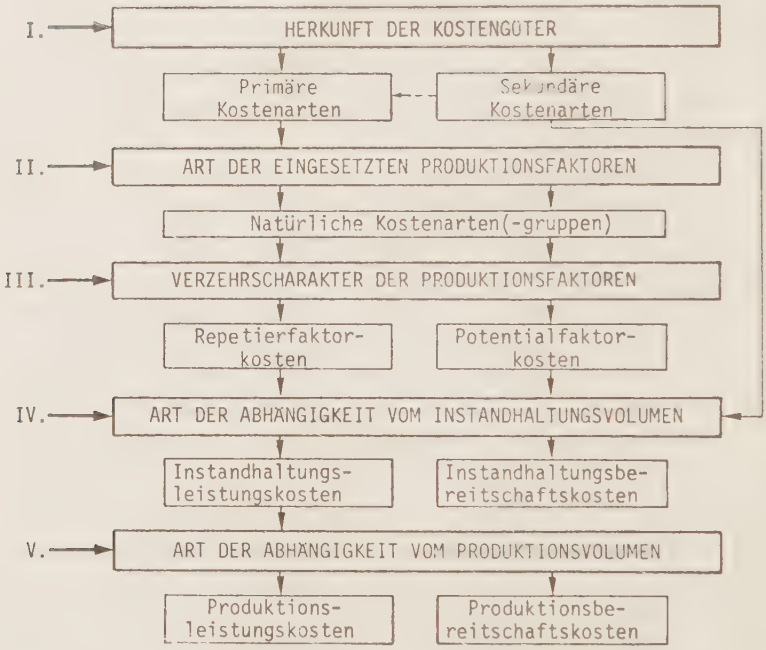
179) Vgl. so KÖLBEL, H. und SCHULZE, J.: Wirtschaftlichkeitskontrolle, S. 31; in ähnlicher Ausrichtung vgl. auch SCHILLING, H.: Planmäßige Anlagenpflege, S. 68-74; MILDNER, Gerhard: Hilfsprozeß Instandhaltung, in: Instandhaltung chemischer und artverwandter Industrieanlagen, hrsg. von Gerhard MILDNER, Berlin 1969, S. 81-92, hier S. 92.

180) Vgl. WIEGEL, H.: Transparenz der Instandhaltekosten, S. 175.

181) Auf Einzelheiten zu diesem Ansatz wird in den Abschnitten B III. und B IV. näher eingegangen.

182) Vgl. so GIESBERT, H.: Erfassen und Überwachen, S. 67f.; SCHÄFER, G.: Abgrenzung der Reparaturkosten, S. 34-36; ANDERS, H.: Die Reparaturkosten sind teils fix, teils proportional, in: Maschine und Werkzeug, 66. Jg. (1965), Nr. 13, S. 48-50.

Abb. 1.6: Schematische Darstellung des für die Kostenspaltung wichtigen hierarchischen Aufbaus der Systematisierungskriterien der Instandhaltungskosten



Weil vielfach bereits aus den besonderen Merkmalen einer Kostenart auf deren Zugehörigkeit zu den Leistungs- oder Bereitschaftskosten geschlossen werden kann[183], ist es zweckmäßig, die Instandhaltungskosten zunächst (vgl. I. in Abb. 1.6) nach der Herkunft der Kostengüter in primäre und sekundäre Kostenarten und anschließend (vgl. II. in Abb. 1.6) die primären Kostenarten weiter nach natürlichen Kostenarten(gruppen) zu untergliedern. Ein weiteres wichtiges Merkmal für die letztlich angestrebte Differenzierung in Leistungs- und Bereitschaftskosten der Instandhaltung ergibt sich aus der Zuordnung der Produktionsfaktoren entsprechend ihrem "Verzehrscharakter" zu den Potential- bzw. Repetierfaktoren[184] (vgl. III.

183) Vgl. so auch MÄNNEL, Wolfgang: Kostenspaltung, in: Management Enzyklopädie, 3. Bd., München, 1970, S. 1144-1151, hier S. 1146.

184) Vgl. zum Begriff der Potential- und Repetierfaktoren vor allem HEINEN, Edmund: Betriebswirtschaftliche Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

in Abb. 1.6). Im Anschluß hieran (IV.) werden aufgrund der spezifischen Eigenschaften dieser beiden "Faktorkategorien" deren Kosten getrennt daraufhin untersucht, ob und gegebenenfalls wie sie mit Änderungen des Instandhaltungsvolumens variieren bzw. von welchen Einflußgrößen ihre Veränderbarkeit bestimmt ist. Die (kurzfristig) von Änderungen des Instandhaltungsvolumens abhängigen - und nach den Grundsätzen des entscheidungsorientierten Rechnungswesens allein auf die entsprechenden leistungsempfangenden Kostenstellen zu verrechnenden - Instandhaltungsleistungskosten sind dann (V.) danach zu trennen, ob und gegebenenfalls wie sie mit Änderungen des Produktionsvolumens variieren (Produktionsleistungskosten) oder davon unabhängig sind (Produktionsbereitschaftskosten).

II. Gliederung der Instandhaltungskosten nach der Herkunft der Kostengüter und der Art der eingesetzten Produktionsfaktoren

Die gemäß dieser Vorgehensweise zunächst vorzunehmende Differenzierung der Instandhaltungskosten führt zu der Unterscheidung in primäre und sekundäre Instandhaltungskosten[185]. Dabei fallen primäre Kosten für solche Kostengüter an, die von den Beschaffungsmärkten in Form von Sachgütern oder Dienstleistungen bezogen werden, während sekundäre Kosten mit der Erstellung von Leistungen durch das Unternehmen selbst entstehen[186]. Aus dieser Begriffsfestlegung läßt sich zugleich entnehmen, daß im strengen Sinn kein "natürliches" Unterscheidungsmerkmal zwischen

---

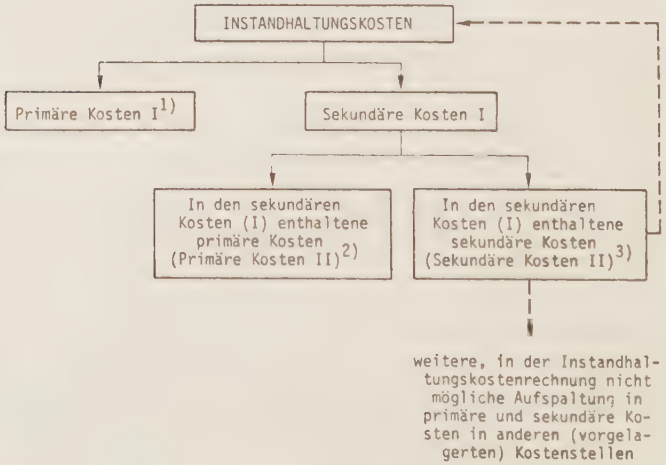
Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite: Kostenlehre, 5. Aufl., Wiesbaden 1978, S. 191f. sowie den Abschnitt B III. dieses Kapitels.

185) In der Literatur wird auch die Ansicht vertreten, Instandhaltungskosten seien generell sekundäre Kosten. So z. B. KÜLBEL, H. und SCHULZE, J.: Wirtschaftlichkeitskontrolle, S. 31.

186) So wählen den Begriff bspw. HUMMEL, S. und MÄNNEL, W.: Kostenrechnung, S. 85; KOSIOL, E.: Primäre und sekundäre Kosten, S. 117.

primären und sekundären Kosten existiert, denn auch die zur Erstellung der Leistungen im Unternehmen selbst benötigten Kostengüter müssen letztlich von den Beschaffungsmärkten bezogen werden. Die als sekundär bezeichneten Kosten setzen sich vielmehr aus mehreren primären und gegebenenfalls - aus der Sicht einer bestimmten, innerbetriebliche Leistungen empfangenden Kostenstelle - weiteren sekundären Kostenarten zusammen[187], wie dies in Abb. 1.7 schematisch dargestellt ist. Von Bedeutung ist diese Trennung vor allem für die Erfassung der Kosten, da die primären Kosten (bereits) in der Kostenarten-, die sekundären Kosten (erst) in der Kostenstellenrechnung ermittelt werden[188].

Abb. 1.7: Schematische Darstellung der sich bei einer Differenzierung der Instandhaltungskosten nach der Herkunft der Kostengüter ergebenden Instandhaltungskostenartengruppen



1) Aus der Sicht der Instandhaltungsobjektkostenrechnung primäre Kosten (für ein von außen bezogenes Kostengut "Instandhaltungs(teil-)leistung")
2) Aus der Sicht der Instandhaltungskostenstellen primäre Kosten
3) Aus der Sicht der Instandhaltungskostenstellen sekundäre Kosten

187) Vgl. HUMMEL, S. und MÄNNEL, W.: Kostenrechnung 1, S. 85; KOSIOL, E.: Primäre und sekundäre Kosten, S. 119f.; EBBEKEN, Klaus: Primärkostenrechnung, Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Wendet man die angesprochene begriffliche Festlegung der primären und sekundären Kosten auf eine entsprechende Untergliederung der Instandhaltungskosten an (vgl. auch Abb. 1.8), so zählen zweifellos die Kosten für von fremden Unternehmen in Anspruch genommene (Dienst-)Leistungen zu den primären Instandhaltungskosten[189]. Allerdings können auch die von Handwerkern fremder Unternehmen durchgeführten Instandhaltungsleistungen zu sekundären Kosten führen, wie etwa dann, wenn diese die Betriebsmittel der (unternehmenseigenen) Instandhaltungsabteilung erhalten oder auch dann, wenn sie ständig in der Instandhaltungsabteilung arbeiten und somit gewissermaßen nicht eine bestimmte Instandhaltungsleistung, sondern ein "Produktionsfaktor" bzw. ein Leistungspotential vom Beschaffungsmarkt bereitgestellt wird.

Während KILGER auch die Instandhaltungsmaterial- und Ersatzteilkosten zu den unmittelbar primären Kosten zählt[190], werden diese überwiegend zunächst zu den sekundären Kosten der Instandhaltung gerechnet[191]. Bei der weiteren Aufspaltung der sekundären Kosten (I) können Material- und Ersatzteilkosten sowohl bei den primären Kosten (II) - soweit sie von fremden Unternehmen beschafft werden - als auch bei den sekundären Kosten auftreten, wenn sie (wie beispielsweise in einem Maschinenbaubetrieb möglich) im eigenen Unternehmen gefertigt wurden.

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
Berlin 1973, S. 6-12.

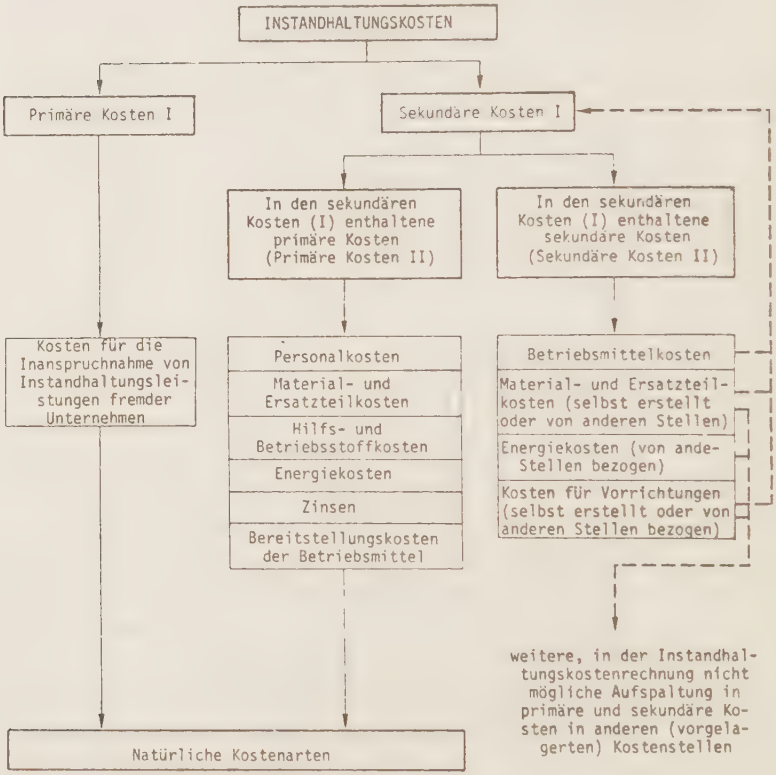
188) Vgl. auch KILGER, W.: Einführung in die Kostenrechnung, S. 15.

189) Derselben Ansicht sind GROCHLA, E.: Die Kalkulation von öffentlichen Aufträgen, S. 4o; HUMMEL, S. und MÄNNEL, W.: Kostenrechnung 1, S. 85; KILGER, W.: Einführung in die Kostenrechnung, S. 73 und 138 f.; SCHILLING, H.: Planmäßige Anlagenpflege, S. 87.

190) Vgl. KILGER, W.: Einführung in die Kostenrechnung, S. 138f..

191) Vgl. GROCHLA, E.: Die Kalkulation von öffentlichen Aufträgen, S. 4o; MÜLLER, H.: Der Soll-Ist-Kosten-Vergleich, S. 1oo; HUMMEL, S. und MÄNNEL, W.: Kostenrechnung 1, S. 85; SCHILLING, H.: Planmäßige Anlagenpflege, S. 68-71; STEFFEN, R.: Analyse, S. 65.

Abb. 1.8: Schematische Darstellung der sich bei einer Differenzierung der Instandhaltungskosten nach der Herkunft der Kostengüter bzw. nach natürlichen Kostenarten ergebenden Instandhaltungs-Kostenartengruppen



Ein besonderes Problem verursacht die Einordnung der Kosten für die Betriebsmittel der Instandhaltung als primäre oder sekundäre Instandhaltungskosten. Auch wenn sie von fremden Unternehmen beschafft sind - was durchaus nicht immer der Fall sein muß (so werden z. B. vielfach Werkzeuge in der unternehmenseigenen Kostenstelle Werkzeugbau gefertigt) - sind sie zunächst bei den sekundären Kosten (II) einzuordnen, da sie sich aus mehreren primären und sekundären Kosten zusammensetzen. So zählen etwa die Instandhaltungskosten dieser Betriebsmittel zu den sekundären Kosten, die dann allerdings

weiter in primäre und weitere sekundäre Kosten aufzuspalten sind. Demgegenüber sind z. B. vor allem die Bereitstellungs(objekt-)kosten zu den primären Kosten (II) zu rechnen (zu denen beispielsweise auch Leasinggebühren gehören[192]).

Als weitere - sich bei einer Differenzierung der primären Kosten ((I) und (II)) nach der Art der eingesetzten Produktionsfaktoren ergebende - (natürliche) Kostenarten sind die Personalkosten, Hilfs- und Betriebsstoffkosten und Energiekosten separat zu betrachten, wobei vor allem letztere auch noch von anderen (Kosten-)Stellen des Unternehmens bezogen sein können und dann (vgl. Abb. 1.9) bei den sekundären Kosten (II) der Instandhaltung einzuordnen sind[193].

III. Gliederung der Instandhaltungskosten nach ihrem Verzehrscharakter

Die für die weitere Aufspaltung der Kosten erforderliche Untergliederung der (primären) Instandhaltungskosten nach ihrem Verzehrscharakter führt zu der Differenzierung in Kosten für Gebrauchsgüter bzw. Potentialfaktoren einerseits und Verbrauchsgüter bzw. Repetierfaktoren[194] andererseits. Die Zuordnung der Produktionsfaktoren zu diesen Kategorien ist das Ziel einer Analyse, wie die Produktionsfaktoren bei ihrer Inanspruchnahme in mengenmäßiger und zeitlicher Hinsicht "verbraucht" werden. In zeitlicher Hinsicht ist danach zu unterscheiden, ob die Produktionsfaktoren in einem Zeitpunkt (momentan) oder nur im Zeitablauf (sukzessiv) verzehrt werden. Mengenmäßig können die Produktionsfaktoren bei ei-

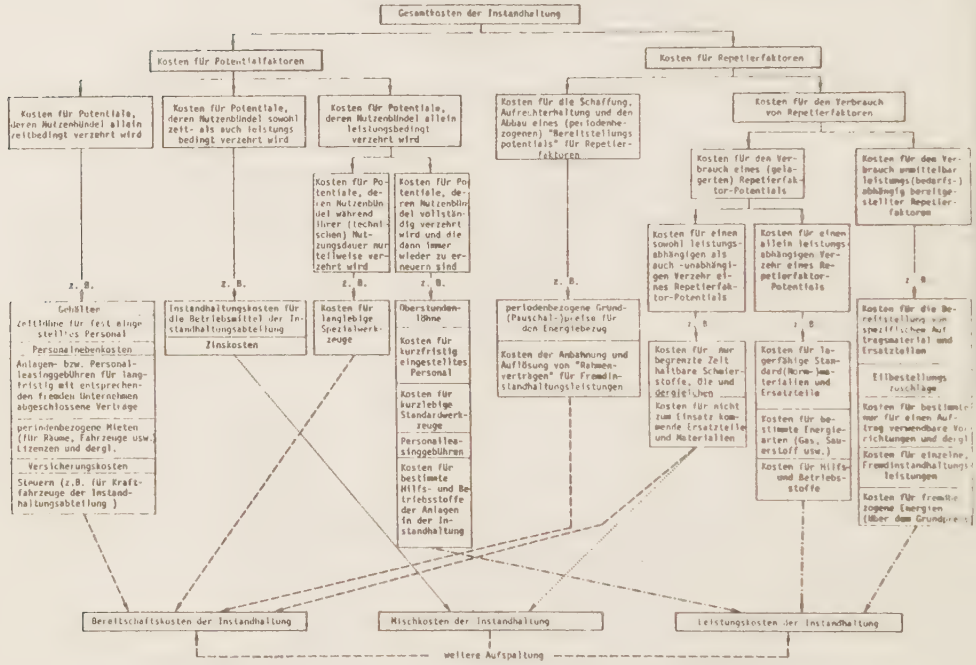
---

192) Vgl. zu dem Begriff des Leasing insbesondere auch des Maintenance Leasing, Hax, H.: Kauf und Miete von Anlagen, S. 23-25.

193) Vgl. auch HUMMEL, S. - MÄNNEL, W.: Kostenrechnung 1, S. 85f..

194) Vgl. zu den Begriffen Potential- und Repetierfaktoren auch REICHWALD, R. und SIEVI, C.: Produktionswirtschaft, S. 371; HUMMEL, S. - MÄNNEL, W.: Kostenrechnung 1, S. 86 und 188.

Abb. 1.9: Aufspaltung der Kosten für die Potential- und Repetierfaktoren der Instandhaltung



nem Einsatz entweder vollständig oder nur teilweise verbraucht werden. Für die Klassifizierung der Produktionsfaktoren sind beide Kriterien in enger Verbindung miteinander anzuwenden.

Werden die eingesetzten Produktionsfaktoren vollständig in einem Zeitpunkt - total momentan - verbraucht, so bezeichnet man sie als Repetierfaktoren. Im Falle eines sukzessiven, bei jeder Inanspruchnahme nur teilweisen Verbrauchs werden die eingesetzten Faktoren als Potentialfaktoren bezeichnet[195], die somit mehrfach Leistungen abgeben (können). Demgegenüber sind Repetierfakto-

195) So verstehen diesen Begriff HUMMEL, S. und MÄNNEL, W.: Kostenrechnung 1, S. 86 und 188; REICHWALD, R. und SIEVI, C.: Produktionswirtschaft, S. 371.

ren nach ihrem einmaligen Einsatz nicht mehr verwend- bzw. wiedereinsetzbar.

Die nach der Art der eingesetzten Produktionsfaktoren differenzierten Kosten der Instandhaltung sind zum Teil eindeutig, zum Teil aber auch nur unter bestimmten Voraussetzungen in die beiden Kategorien Potential- und Repetierfaktorkosten einzuordnen.

Zu dem Potentialfaktoren zählen die der Instandhaltung über einen längeren Zeitraum zur Verfügung stehenden, eine Vielzahl von Leistungen abgebenden Anlagen (z. B. Drehbänke, Stand-Bohrmaschinen, Schleifmaschinen usw.), Werkzeuge und sonstige Geräte (z. B. elektronische Meßinstrumente) sowie bestimmte Vorrichtungen. Bezüglich der letzteren ist allerdings zu unterscheiden, ob sie tatsächlich ein "Nutzenbündel" repräsentieren, das allmählich - im Zuge der mehrfachen Abgabe von Leistungen - aufgebraucht wird oder ob sie bei einmaliger Nutzung vollständig "verzehrt" werden. Davon ist beispielsweise dann auszugehen, wenn bestimmte Formen speziell für die Durchführung eines Auftrages angefertigt werden und nach dessen Durchführung (zwangsläufig) zerstört werden. Vor allem der letztgenannte Aspekt ist für die Einordnung der mit der Herstellung oder Beschaffung der Vorrichtungen verbundenen Kosten von Relevanz. Können diese auftragsspezifischen Formen nicht auch noch für andere Aufträge verwendet werden, sind die entsprechenden Kosten den Repetierfaktorkosten zuzurechnen. Kann man die Vorrichtungen dagegen nach der erstmaligen Leistungsabgabe noch für andere Aufträge und somit zur wiederholten Leistungsabgabe einsetzen, führt dies zu Potentialfaktorkosten. Gegebenenfalls können außerdem auch Anlagen, die gemietet werden, als Repetierfaktoren einzustufen sein. Dies ist z. B. der Fall, wenn Hebekräne oder ähnliche Anlagen für die Durchführung eines einzelnen Instandhaltungsauftrages (stundenweise) gemietet werden. Werden dagegen bestimmte Räume oder andere Anlagen längerfristig gemietet, stellen sie ein Nutzungspotential dar, und daher sind diese (Miet-)Kosten den Potential-

faktorkosten zuzuordnen. Diese Überlegungen verdeutlichen, daß man nicht generell unterstellen kann, daß die Betriebsmittelkosten als Potentialfaktorkosten zu erfassen und planen sind, sondern durchaus als Repetierfaktorkosten auftreten können.

Auch das Personal der Instandhaltungsabteilung verkörpert in der Regel ein Nutzungspotential. Dies gilt ebenfalls dann, wenn beispielsweise Handwerker über einen längeren Zeitraum "geleast" werden. Ausnahmen lassen sich jedoch hier ebenfalls feststellen; so etwa dann, wenn Personal (kurzfristig) zur Durchführung eines Instandhaltungsauftrages zusätzlich eingestellt wird.

Die Hilfs- und Betriebsstoffe für die Instandhaltungsbetriebsmittel zählen im strengen Sinne oft ebenfalls zu den Potentialfaktoren, da sie für eine Vielzahl von Leistungen verwendet werden können (z. B. Öle, Fette usw.). Andererseits lassen sich solche Stoffe nicht selten aber auch nur einmalig benutzen, wie z. B. die beim Bohren oder Sägen (von Metallen) vielfach benötigten Kühlflüssigkeiten, die während des Bohr- oder Sägevorgangs ständig oder in Intervallen zugegeben und dann nicht mehr verwendet werden können (da die aufgenommenen Späne sie unbrauchbar machen).

Die Ersatzteile für die instandzuhaltenden (Fertigungs-) Anlagen sind im Hinblick auf ihre funktionelle Verwendung Potentialfaktoren, da sie (in aller Regel) eine Vielzahl von Leistungen abzugeben in der Lage sind. Aus der Sicht der Instandhaltung sind sie jedoch den Repetierfaktoren zuzurechnen, da sie im Instandhaltungsprozeß vollständig momentan verzehrt werden. Im strengen Sinne gilt dies allerdings nur dann, wenn sie immer wieder durch neue ersetzt werden (müssen), da sie ansonsten mehrfach (zur Ausbesserung) den Instandhaltungsprozeß durchlaufen (können).

Die Kosten für Instandhaltungsleistungen fremder Unternehmen sind unter der Voraussetzung eines langfristig

abgeschlossenen Vertrags (z. B. ein- oder mehrjährige Wartungsverträge mit Fremdfirmen) Potentialfaktorkosten. Werden Fremdfirmen dagegen jeweils für einen Auftrag in Anspruch genommen - ohne daß langfristige Verträge abgeschlossen werden - sind die hierfür entstehenden (Dienstleistungs-)Kosten Repetierfaktorkosten. Schließlich besteht noch die Möglichkeit, durch den Abschluß langfristiger Verträge mit Fremdfirmen zwar ein "Potential" aufzubauen, dieses aber so zu gestalten, daß über die effektive Inanspruchnahme der betreffenden Fremdfirma oder Fremdfirmen jeweils "von Fall zu Fall" neu entschieden werden kann. Dabei kann die vertragliche langfristige Vereinbarung etwa dahingehend getroffen sein, für den Fall der Inanspruchnahme von Fremdfirmen allein diese mit der Instandhaltung zu beauftragen. In dieser Situation wird einerseits zwar ein Potential geschaffen, andererseits bleibt aber die Einstufung der jeweiligen Auftragskosten als Repetierfaktorkosten bestehen.

Demgegenüber werden die Instandhaltungsmaterialien in der Regel (eine Ausnahme bilden hier etwa langfristig eingelagerte Sicherheitsbestände) den Repetierfaktoren zuzurechnen sein.

IV. Gliederung der Instandhaltungskosten nach ihrer Abhängigkeit vom Leistungsvolumen der Instandhaltung

Werden die Instandhaltungskosten daraufhin untersucht, ob und gegebenenfalls wie sie mit Änderungen des Leistungsvolumens der Instandhaltung variieren, führt dies zumindest zu der für die Planung und Kontrolle der Instandhaltungskosten wichtigen Differenzierung in Leistungs- und Bereitschaftskosten der Instandhaltung. Die Bedeutung dieser Trennung für die Planung und Kontrolle der Instandhaltungskosten kommt schon darin zum Ausdruck, daß die Leistungskosten gewissermaßen "automatisch" mit Änderungen des Leistungsvolumens zu- oder abnehmen, wäh-

rend über die Bereitschaftskosten jeweils gesondert disponiert werden muß, weil sie von Änderungen des Leistungsvolumens der Instandhaltung zumindest kurzfristig unabhängig sind. Sie verändern sich nur zu bestimmten Terminen, in bestimmten Fristen und Sprüngen (Quanten)[196]. Speziell für die in dieser Arbeit angestrebte bedarfsorientierte Planung der Instandhaltungskosten ist Wert auf diese Unterscheidung zu legen, weil damit einerseits die Grundlage dafür geschaffen wird, eine dem disponierten Bedarf an Instandhaltungsleistungen entsprechende differenzierte anlagen- und periodenbezogene Planung und Kontrolle der Instandhaltungskosten vorzunehmen. Andererseits erlangt diese Differenzierung Bedeutung für die Fundierung der den Bedarf festlegenden Dispositionen, wie etwa die richtige Kalkulation der durch einen Instandhaltungsauftrag verursachten Kosten, für die innerbetriebliche Leistungsrechnung, für den Vergleich bzw. die Entscheidung zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung, für die Wahl des Instandhaltungsverfahrens, für die Ermittlung aktivierbarer bzw. aktivierungspflichtiger Instandhaltungs- bzw. Herstellungsaufwendungen und ähnliche Fragestellungen. Im folgenden werden die einzelnen Potential- und Repetierfaktorkosten den beiden Kostenkategorien Instandhaltungsleistungs- und -bereitschaftskosten zugeordnet (vgl. auch Abb. 1.9)[197].

---

196) Vgl. zum Begriff der Leistungs- und Bereitschaftskosten vor allem: RIEBEL, Paul: Einzelkosten- und Deckungsbeitragsrechnung, 3. Aufl., Opladen 1979, S. 81-97; HUMMEL, S. und MÄNNEL, W.: Kostenrechnung 1, S. 68; HUMMEL, Siegfried: Fixe und variable Kosten - zwei häufig mißverstandene Grundbegriffe der Kostenrechnung, in: KRP, Jg. 1975, Heft 2, S. 63-74; REICHMANN, Thomas: Kosten und Preisgrenzen, Wiesbaden 1973, S. 28-31; KILGER, Wolfgang: Fixkosten, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, 4. Aufl., hrsg. von Erwin GROCHLA und Waldemar WITTMANN, Bd. 1, Stuttgart 1974, Sp. 1499-1504.

197) Vgl. dazu auch MÄNNEL, Wolfgang: Grundzüge einer aussagefähigen Kostenspaltung, in: KRP, Jg. 1972, Nr. 3, S. 111-119, hier insbes. S. 115.

Die Personalkosten, die oft den größten Teil der Instandhaltungskosten ausmachen[198], werden in der Literatur vielfach als variable[199] oder sogar proportionale[200] Kosten angesehen und somit den Leistungskosten der Instandhaltung zugerechnet. Dem muß jedoch entgegengehalten werden, daß die Löhne gerade nicht gewissermaßen "automatisch" mit einer Änderung des Leistungsvolumens der Instandhaltung (z. B. der Durchführung eines zusätzlichen Auftrages oder der Herausnahme eines Auftrages aus dem geplanten Auftragsvolumen) variieren. Sie sind vielmehr - unter Berücksichtigung der Verträge, insbesondere der Kündigungsfristen und -termine - zu den Bereitschaftskosten zu zählen[201]. Sie lassen sich dem-

---

198) Personalkosten schwanken zwischen 38 und 74 Prozent der gesamten Instandhaltungskosten; zu diesem Ergebnis einer begrenzten Umfrage kommt FALLER, Siegfried: Wirtschaftlichkeitsfragen der Bereitstellung von Instandhaltungspersonal, in: Instandhaltung - Ein Managementproblem der Anlagenwirtschaft, S. 267-279, hier S. 268.

199) Vgl. z. B. MELLEROWICZ, K.: Betriebswirtschaftslehre, S. 162: "Die Instandhaltungs- und Reparaturkosten sind zum größten Teil Lohnkosten, also variable Kosten."; KRESS, H.: Untersuchungen zur Bestimmung der optimalen Organisation von Instandhaltungsarbeiten, S. 94; STEFFEN, R.: Anlagenkosten, S. 305; GROTHUS, H.: Planung der Abnutzungskosten, S. 156; DIETZ, H.: Reparaturplanungen, S. 153; MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 131; SCHELO, S. J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 105f..

200) Vgl. z. B. WIEGEL, H.: Transparenz der Instandhaltekosten, S. 175: "Die Löhne sind durchaus den Leistungen proportional, ebenso der lohnabhängige Teil der übrigen Kosten." An anderer Stelle geht WIEGEL demgegenüber davon aus, daß die Lohnkosten zumindest "zäh" sind; vgl. WIEGEL, H.: Integrierte Instandhaltung, S. 11-15. DOBLER bezeichnet zwar die Lohnkosten als fixe Bestandteile der Instandhaltungskosten, unterstellt aber, daß sie sich durchaus proportionalisieren lassen; vgl. DOBLER, Gerhard: Ein umfassendes Mensch-Maschine-Kommunikations-Modell zur On-Line-Simulation von Produktionsabläufen in der Werkstatt- und Reihenfertigung und sein Einsatz im Rahmen des computergestützten Entscheidungstrainings, Diss. Stuttgart 1976, S. 59.

201) Diese Zuordnung ist im Instandhaltungsbereich genauso vorzunehmen wie im Fertigungsbereich; vgl. hierzu HUMMEL, S. und MÄNNEL, W.: Kostenrechnung 1, S. 9of..

entsprechend weiter untergliedern in Monats- oder Quartalseinzelkosten[202]. Vielfach sind sie sogar nicht einmal einer solchen Periode zurechenbar, wie etwa dann, wenn einem Meister mit einer Kündigungsfrist von einem Quartal jeweils nur zum Ende eines Halbjahres gekündigt werden kann, und er zu einem vom 1. 1. oder 1. 7. eines Jahres abweichenden Termin eingestellt wurde, also etwa bei Einstellung zum 1. 4. eines Jahres[203]. Allerdings ist die Zuordnung der Lohnkosten zu den Bereitschaftskosten der Instandhaltung nicht in jedem Fall sachgerecht. Insbesondere dann, wenn für einen Auftrag von erheblichem Umfang zusätzlich Personal eingestellt oder geleast und nach Durchführung des Auftrages wieder entlassen wird, sind die hierfür entstehenden Kosten der Bereitstellung und des Einsatzes des Personals den Leistungskosten zuzurechnen. Dies trifft gleichfalls für die einem Auftrag über den nicht unterschreitbaren Anteil hinausgehenden zurechenbaren Bestandteile von Leistungslöhnen (z. B. Prämien) und Überstundenlöhne zu.

Die Gehälter sind generell als Bereitschaftskosten aufzufassen. Verfehlt ist es daher auch, diese Kosten weiter aufzuschlüsseln, wie z. B. das Gehalt eines Meisters teilweise den Kosten für die Inanspruchnahme von Fremdleistungen zuzurechnen, wenn die Durchführung dieser Aufträge vom betriebseigenen Meister überwacht wird[204]. Die Gehälter unterscheiden sich von den Löhnen höchstens (noch) durch die Zahlungsweise und die Bindungsdauer, d. h. die Kündigungsfristen und -termine[205].

Die hier getroffenen Aussagen gelten analog bezüglich der Personalnebenkosten.

---

202) Vgl. zu diesen Begriffen RIEBEL, P.: Einzelkosten- und Deckungsbeitragsrechnung, S. 38.
203) Vgl. zu dieser Problematik HUG, Werner - WEBER, Jürgen: Zum Zeitbezug der Grundrechnung im entscheidungsorientierten Rechnungswesen, in: KRP, Jg. 1980, Nr. 2, S. 81-92.
204) Vgl. BROCKER, H.: Gedanken zur Situation der Instandhaltung, S. 39.
205) Vgl. HUMMEL, S. und MÄNNEL, W.: Kostenrechnung 1, S. 91.

Stehen Anlagen der Instandhaltung als Vertragspotentiale, z. B. durch Leasing, zur Verfügung, so sind die hierdurch verursachten Kosten den Bereitschaftskosten zuzurechnen, wenn sie nicht ausschließlich für die Durchführung eines ganz bestimmten Auftrages gemietet werden. Eine generelle Schlüsselung der Betriebsmittelkosten auf die einzelnen Instandhaltungsaufträge[206] ist dagegen nicht zulässig. Die Kosten für Werkzeuge, Vorrichtungen und sonstige Geräte der Instandhaltung sind wie die Anlagenkosten zu behandeln. Als Kosten für die Betriebsmittel, die ausschließlich gebrauchsbedingt verschleißen und nach Ende ihrer (kurzfristigen) Nutzungsdauer wiederbeschafft werden, sind die Wiederbeschaffungskosten den Leistungskosten zuzurechnen[207]. Dies gilt in gleicher Weise für die Beschaffungs- und Herstellkosten solcher Vorrichtungen, die nur für einen Auftrag bereitgestellt und eingesetzt werden. In diesem Fall können außer den Bereitstellungskosten auch Vernichtungskosten zu den Leistungskosten hinzukommen oder aber Veräußerungserlöse in Abzug zu bringen sein.

Bei ausschließlicher Betrachtung der Mengenkomponente kann für die Betriebsstoffkosten weitgehend Leistungsabhängigkeit unterstellt werden. Bezüglich des Wertansatzes ist jedoch davon auszugehen, daß vielfach beschaffungsbedingte, für größere Beschaffungsquanten gemeinsame Kosten anfallen, wie z. B. von der Art des Transports abhängige Kosten. Diese Kosten lassen sich dann einem Einzelverbrauch nicht zurechnen. Dies gilt in gleicher Weise für die Kosten des Instandhaltungsmaterials. Außerdem können auch periodenbezogene Preisbestandteile auftreten, die zu den Bereitschaftskosten zu zählen sind, wie z. B. Jahresgrundgebühren beim Energiebezug oder periodenbezogene Rabatte. Die Kosten für das Material und die Betriebsstoffe haben den Charakter von Bereitschaftskosten, wenn sie in jeweils größeren Mengen beschafft

---

206) Dies schlägt vor HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 337.
207) Vgl. MÄNNEL, W.: Kostenspaltung, S. 1147.

und gelagert werden (zusätzlich können sie während dieser Zeit der Lagerung zeitbedingtem Verschleiß unterliegen).

Die Kosten für Ersatzteile sind in der Regel Leistungskosten. Der Wertansatz richtet sich bei wiederholt bereitzustellenden Ersatzteilen nach den Wiederbeschaffungs- bzw. Herstell- oder Instandhaltungskosten (für die Wiederherstellung des Ersatzteiles nach einem Einsatz in der Anlage), wobei hier wie auch bei dem Ansatz von Herstellungskosten nur die Leistungskosten der Instandhaltung bzw. der Herstellung zu verrechnen sind. Im Falle der Nicht-Wiederbeschaffung sind die bei anderweitiger Verwendung erzielbaren Resterlöse als Opportunitätskosten den Leistungskosten zuzurechnen. In der Literatur wird demgegenüber auch die Meinung vertreten, daß die Beschaffungs- und Lagerkosten generell als Gemeinkosten zu erfassen und über eine Schlüsselung auf die Kostenträger zu verrechnen sind[2o8)]. Eine solche Schlüsselung zumindest teilweise echter Gemeinkosten ist jedoch ebenso abzulehnen wie die Zurechnung des als Bereitschaftskosten auszuweisenden Teils dieser Kosten auf die Kostenträger.

Die Kosten für die Inanspruchnahme von Fremdleistungen sind immer dann den Leistungskosten zuzurechnen, wenn sie für einen Auftrag gesondert erfaßbar sind. Demgegenüber ist jedoch zu beachten, daß vielfach langfristige Verträge mit Fremdfirmen bestehen; in diesen Fällen sind zumindest die Kosten der Vertragsanbahnung, -schliessung und -auflösung den Bereitschaftskosten zuzurechnen.

2o8) Vgl. z. B. SCHELO, S. J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 1o5-1o7; REDEKER, Georg: Bestimmung des optimalen Lagerbestandes an Instandhaltungsmaterial und Ersatzteilen, Berlin - Köln - Frankfurt/Main 1973, S. 44f..

Zweites Kapitel
Ansätze zur Planung von Instandhaltungskosten

Für die Planung der Instandhaltungskosten können grundsätzlich mehrere Methoden zur Anwendung kommen. Die Entscheidung für ein bestimmtes Planungsverfahren sollte im konkreten Anwendungsfall vor allem in Abhängigkeit von dem im Vordergrund stehenden Planungszweck und der jeweiligen Bedeutung der Instandhaltungskosten für das Unternehmen getroffen werden. Das den Instandhaltungskosten beizumessende Gewicht wird in erster Linie dadurch bestimmt, welche wirtschaftlichen Nachteile bei Funktionsminderungen oder Ausfällen von Anlagen insbesondere in anlagenintensiven Unternehmen oder Unternehmensbereichen in Kauf zu nehmen sind. Diese können nämlich durch Instandhaltungsmaßnahmen reduziert, gegebenenfalls sogar vollständig vermieden werden. Wenngleich in der Regel nicht davon ausgegangen werden kann, daß "... die Instandhaltungsarbeit ... vielfach nur noch der einzige menschliche Eingriff in den Fertigungsablauf und damit...die Instandhaltung in Zukunft fast die einzige noch beeinflußbare Kostenart in einem Unternehmen..."[1] ist, darf dies doch nicht zu der ins andere Extrem verfallenden Ansicht führen, daß "...in der Instandhaltung ...die Geldausgaben...meistens zwangsläufig (sind und /der Verf.) deshalb...Budgetsysteme in der Instandhaltung nicht die Wichtigkeit wie sonst im Unternehmen..."[2] besitzen. Denn diese Einstellung könnte gerade auch angesichts der Größenordnung der Instandhaltungsbudgets in der Praxis[3] dazu führen, daß ein wichtiges Potential zur Kosteneinsparung ungenutzt bleibt bzw. auf eine wesent-

1) GIESBERT, H.: Instandhaltungskosten, S. 599.
2) KRUJT, J. A.: Die Systemanalyse in der Instandhaltung, in: Stahl und Eisen, 91. Jg. (1971), Nr. 21, S. 1183-1187, hier S. 1187.
3) Vgl. hierzu die eingangs auf S. 16 angeführte empirische Untersuchung des Verfassers.

liche Grundlage der Kostenkontrolle verzichtet wird.

Bei der Auswahl eines bestimmten Konzeptes der Instandhaltungskostenplanung ist zudem darauf abzustellen, welches Niveau die Instandhaltungsplanung selbst bereits erreicht hat oder anstrebt, denn hiervon hängt unter anderem der erzielbare Genauigkeitsgrad der Kostenplanung ab.

Im folgenden wird zunächst ein Überblick über die wesentlichen in der Literatur vorgestellten Ansätze zur Planung der Instandhaltungskosten gegeben. Die kritische Würdigung dieser Ansätze stellt vor allem auf Vorteile und Schwächen des jeweiligen untersuchten Planungsverfahrens bzw. auf die darin berücksichtigten Einflußfaktoren auf Ausmaß und Struktur der Instandhaltungskosten ab. Weniger wird dagegen auf mögliche aus bestimmten Schwächen eines Planungskonzeptes resultierende nachteilige ökonomische Auswirkungen in anderen Aufgabenfeldern der Anlagenwirtschaft oder in sonstigen Unternehmensbereichen eingegangen. Im Grundsatz wird für diese Analyse die Vorgehensweise gewählt, von relativ einfachen zu immer differenzierter gestalteten Planungsansätzen überzugehen und dementsprechend auch die Kritik zu führen.

Im Anschluß wird dann - bereits in Ansätzen bedarfsorientierte Methoden der Kostenplanung der Literatur aufgreifend - aufgezeigt, welche wichtigen Stufen eine unmittelbar am Instandhaltungsleistungsbedarf orientierte Planung der Instandhaltungskosten aufweisen muß und wie diese miteinander verknüpft sind.

A Ansätze zur Instandhaltungskostenplanung in der Literatur

I. Aushandeln von Instandhaltungskostenbudgets

Eine von Grad und Aufwand der "Planung" her betrachtet auf niedrigstem Niveau einzustufende Vorgabe von Instandhaltungskosten besteht in der Festlegung pauschaler Budgets für die in der Planungsperiode auf Instandhaltungsmaßnahmen insgesamt entfallenden Kosten und kommt vor allem in Frage, wenn man (noch) nicht auf detaillierte Informationen über die in der Planperiode zu erbringenden Instandhaltungsleistungen und die damit zu erwartenden Instandhaltungskosten zurückgreifen kann (wie insbesondere bei der Gründung eines Unternehmens oder der erstmaligen Nutzung einer Anlage eines neuen Typs). Gerade in diesen und ähnlichen Fällen wird das Instandhaltungskostenbudget[4] häufig allein durch Verhandlungen im Rahmen der Festlegung des Gesamtbudgets eines Unternehmens festgesetzt.

Da die Instandhaltungskosten - angesichts der Ansprüche anderer, oft als für den Erfolg des Unternehmens wichtiger erachteten Bereiche - vielfach als "notwendiges Übel" angesehen und deshalb auf einem möglichst niedrigen Niveau gehalten werden sollen, ist der für die Instandhaltung Verantwortliche nicht selten großen Schwierigkeiten ausgesetzt, ein "ausreichendes" Instandhaltungskostenbudget zu erhalten. In dieser Situation hängt es meist vom Verhandlungsgeschick der an der Budgetfestlegung Beteiligten - insbesondere des für die Instandhaltung Verantwortlichen - ab, wie groß das Instandhaltungsbudget bemessen wird[5].

Diese in erster Linie vom Ergebnis des Verhandlungsprozesses und kaum von den in der Planperiode benötigten Instandhaltungsleistungen direkt abhängige Vorgabe der

4) Vgl. zum Begriff des Kostenbudgets z. B. HEISER, H. C.: Budgetierung, Berlin 1964, S. 77; LÜCKE, Wolfgang: Finanzplanung und Finanzkontrolle in der Industrie, Wiesbaden 1965, S. 52.

5) Vgl. hierzu GIESBERT, H.: Erfassen und Überwachen, S. 75; THOMAS, M.: Instandhaltungskosten, S. 7o.

Instandhaltungskosten sollte selbst unter der Voraussetzung unzureichender Informationen oder Erfahrungswerte nach Möglichkeit vermieden werden, weil damit erhebliche wirtschaftliche Nachteile verbunden sein können[6]. Wird das Budget zu niedrig festgelegt, führt dies oftmals dazu, daß notwendige Instandhaltungsleistungen in der Planperiode nicht bzw. nicht rechtzeitig erbracht werden können und man dann die mit Funktionsminderungen oder sogar Ausfällen der betreffenden Anlagen verbundenen nachteiligen Konsequenzen[7] in Kauf nehmen muß. Wird umgekehrt das Budget zu groß vorgegeben, kann dies den Instandhaltungsverantwortlichen veranlassen, die überschüssigen Mittel - vor allem am Ende der Planungsperiode - mit nicht notwendigen Instandhaltungsleistungen oder anderen, nicht unmittelbar zur Instandhaltung zählenden Leistungen auszuschöpfen. Diese unwirtschaftliche Handlungsweise resultiert insbesondere daraus, daß man bei ökonomisch sinnvollem Verhalten Gefahr läuft, bei der "Planung" für die folgende Periode ein niedrigeres Budget zu erhalten, das dann möglicherweise für die zu erbringenden Instandhaltungsleistungen zu knapp bemessen wäre. Vielfach werden allerdings bei der Budgetaushandlung auch Prestigegründe eine erhebliche Rolle spielen[8].

II. Kennzahlenorientierte Festlegung von Instandhaltungskosten

1. Aus Betriebsvergleichen gewonnene Werte als Basis von Kostenvorgaben

Als Anhaltspunkte für die in der Planperiode zu erwartenden Instandhaltungskosten, aber auch zu deren Kontrolle können in anderen Betrieben ermittelte Kennzahlen[9] be-

---

6) Vgl. GIESBERT, H.: Erfassen und Überwachen, S. 75.
7) Vgl. hierzu im einzelnen Abschnitt D des dritten Kapitels dieser Arbeit.
8) So auch GROTHUS, H.: Instandhaltekosten budgetieren, S. 59.
9) Zu Begriff, Inhalt und Aufgaben von Kennzahlen(syste-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

züglich Ausmaß und Struktur der Instandhaltungskosten dienen[10].

Wenngleich dies auch in einigen Fällen aus Geheimhaltungsgründen[11] erschwert wird, bieten zum Beispiel die häufig von Verbandsinstitutionen durchgeführten Betriebsvergleiche oder die Hinzuziehung von Unternehmensberatern Möglichkeiten zur Bereitstellung solcher Informationen. Allerdings ist für einen Betriebsvergleich eine möglichst vollständige Vergleichbarkeit der Produktionsanlagen oder Betriebe zu fordern[12]. Wie wichtig diese ist, zeigt eine empirische Untersuchung der Instandhaltungskosten amerikanischer Erdölraffinirien[13], wonach bei einem Vergleich von zwölf Raffinerien der Anteil der Instandhaltungskosten am Wiederbeschaffungswert der Anlagen zwischen etwa drei und sechs Prozent, bezogen auf den Rohöldurchsatz sogar zwischen neun und sechsundzwanzig Prozent schwankte. Dies bedeutet, daß auch innerhalb einer Branche die erforderliche Vergleichbarkeit nicht unbedingt gewährleistet ist. Ebenso sind andere Kennziffern, wie etwa Instandhaltungskosten als Prozentsatz der Herstellkosten[14] oder des Umsatzes usw., die im Rah-

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
men) vgl. z. B. LACHNIT, Laurenz: Systemorientierte Jahresabschlußanalyse, Wiesbaden 1979 und die dort angegebene umfangreiche Literatur; REICHMANN, Thomas und LACHNIT, Laurenz: Planung, Steuerung und Kontrolle mit Hilfe von Kennzahlen, in: ZfbF, 28. Jg. (1976), S. 705-723; STÄHLE, Wolfgang, H.: Kennzahlen und Kennzahlensysteme als Mittel der Organisation und Führung von Unternehmen, Wiesbaden 1969; MEYER, Claus: Kennzahlen und Kennzahlen-Systeme, Stuttgart 1976.

10) Z. B. auch zur Kontrolle der Instandhaltungskosten unterschiedlicher Betriebe eines Unternehmens (Konzerns).

11) Vgl. KÖLBEL, H. - SCHULZE, J.: Wirtschaftlichkeitskontrolle, S. 48.

12) Vgl. GIESBERT, H.: Erfassen und Überwachen, S. 76.

13) Vgl. BALE, E. S. u. a.: How to Measure Maintenance Results, in: Petroleum Refiner, 35. Jg. (1956), Heft 5, S. 157-162.

14) Die Verwendung einer solchen Kennziffer schlägt bspw. HARTMANN, (B.: Die Planung und Verrechnung von Reparaturkosten, in: KRP, Jg. 1957, Heft 3, S. 101-106) vor.

men von Betriebsvergleichen gewonnen werden, nur sehr eingeschränkt aussagefähig[15].

Will man vermeiden, daß die effektiv anfallenden Instandhaltungskosten allein schon aufgrund der genannten erheblichen Streubreiten der Vergleichswerte mehrerer Betriebe von den für die Planperiode vorgegebenen beträchtlich abweichen, hat man bei der Anwendung dieser Methode, die mit relativ geringem Aufwand verbunden ist, darauf zu achten, daß zumindest die folgenden wichtigen Voraussetzungen erfüllt sind.

So müssen die in die Vergleiche einzubeziehenden Unternehmen erstens eine - zumindest stark angenähert - gleiche Betriebsgröße aufweisen[16], um so eine vergleichbare Größenordnung des Instandhaltungs(kosten-)volumens zu gewährleisten. Zweitens muß gefordert werden, daß sich die einzelnen Anlagen hinsichtlich ihrer Art und Größe[17], ihres Alters[18], ihrer Standorte[19] sowie der Produktionsprogramme und Auslastungen einander möglichst weitgehend entsprechen, weil diesbezügliche Unterschiede zu einem jeweils anderen Verschleißverhalten bzw. einem anderen (periodenbezogenen) Verschleißausmaß und damit voneinander abweichenden Instandhaltungsleistungen führen, aus denen dann in aller Regel auch hin-

---

15) Vgl. GROTHUS, H.: Instandhaltekosten budgetieren, S. 41; KÖLBEL, H. - SCHULZE, J.: Wirtschaftlichkeitskontrolle, S. 42.
16) Vgl. KÖLBEL, H. - SCHULZE, J.: Wirtschaftlichkeitskontrolle, S. 46.
17) Vgl. DIES.: Wirtschaftlichkeitskontrolle, S. 46; GIESBERT, H.: Erfassen und Überwachen, S. 76. Vgl. LUDWIG, Helmut: Die Größendegression der technischen Produktionsmittel, Köln und Opladen, 1962, S. 61; RIETDORF, B.: Planmäßige Anlagenerhaltung, S. 128-13o.
18) Vgl. KÖLBEL, H. - SCHULZE, J.: Wirtschaftlichkeitskontrolle, S. 48; ROBBINS, M. D.: Is this a better Tool for You?, in: Chemical Engineering, 66. Jg. (1959), S. 14o-146, hier S. 14o.
19) Vgl. KÖLBEL, H. - SCHULZE, J.: Wirtschaftlichkeitskontrolle, S. 48.

sichtlich Struktur und Höhe unterschiedliche Instandhaltungskosten resultieren. Schließlich dürfen drittens die Methoden der Kostenerfassung[20] nicht (wesentlich) voneinander abweichen.

Die unter diesen Voraussetzungen gewonnenen Werte sollten allerdings nicht unkritisch auf das eigene Unternehmen übertragen werden, sondern möglichst nur als Anhaltspunkte bzw. zur Abstützung der eigenen Zahlen dienen[21]. Denn sie beziehen weder die vorhandene Instandhaltungsorganisation noch die eigenen Instandhaltungsprogramme und -methoden explizit in die Planungsüberlegungen ein und sind insofern auch nur eingeschränkt geeignet, Aufschluß über die zu erwartenden Instandhaltungskosten wie auch über die Wirtschaftlichkeit der (eigenen) Instandhaltung zu geben bzw. Ansatzpunkte zu ihrer Verbesserung aufzuzeigen.

2. Instandhaltungskosten vergangener Perioden als Basis von Kostenvorgaben

Eine im Gegensatz zum Betriebsvergleich auf der Ermittlung und Analyse der im eigenen Unternehmen entstandenen Instandhaltungskosten aufbauende Budgetierungsmethode besteht darin, die für einen bestimmten Zeitraum (der Vergangenheit) angefallenen Gesamtkosten der Instandhaltung zu ermitteln und diese - gegebenenfalls auf die Länge der Planperiode umgerechnet - vorzugeben:

$$I^{t+1} = I^{t} \quad \text{mit} \quad \begin{array}{ll} I^{t} & : \text{Instandhaltungskosten der laufenden Periode} \\ I^{t+1} & : \text{Instandhaltungskosten der Planperiode} \end{array} .$$

Dabei wird unterstellt, daß die durchschnittlichen periodenbezogenen Instandhaltungskosten über einen längeren

---

20) Vgl. so auch GIESBERT, H.: Erfassen und Überwachen, S. 76.
22) Vgl. ebenda.

Zeitraum konstant bleiben[22]. Eine Erweiterung erfährt diese Methode dann, wenn die Instandhaltungskosten nicht unverändert aus der Vergangenheit übertragen werden, sondern an in der Planperiode zu erwartende Veränderungen der Beschäftigungs- und Ertragsentwicklung, wenn auch zumeist noch in globaler Form, angepaßt werden[23].

Die einfache Vorgabe der Instandhaltungskosten anhand der Vergangenheitswerte weist eine Reihe von Unzulänglichkeiten auf, die insbesondere daraus resultieren, daß die Beanspruchung der Anlagen und deren daraus resultierender Verschleiß einerseits sowie das Instandhaltungsniveau andererseits als unverändert angenommen und auf die Zukunft übertragen werden[24].

Einwänden ausgesetzt ist die Vergangenheitswerte übernehmende bzw. auf diesen aufbauende Vorgabe von Instandhaltungskosten schon deshalb, weil allein Preisänderungen der in der Instandhaltung benötigten Produktionsfaktoren dazu führen können, daß das Budget in der Planperiode nicht ausreicht, um im gleichen Umfang Instandhaltungsleistungen wie in der Vergangenheit zu erbringen. Dadurch kann die Zahl und/oder die Qualität der Instandhaltungsleistungen abnehmen, was sich insbesondere bei älteren, zunehmend instandhaltungsbedürftigen Anlagen nachteilig bemerkbar macht. Möglicherweise können außerdem vor allem gegen Ende der Planperiode benötigte teure Ersatzteile nicht mehr beschafft werden, wodurch langwierige ausbessernde Verschleißbeseitigungsmaßnahmen erforderlich werden, die die Instandhaltungskapazitäten

---

22) Vgl. HÖHNE, E.: Die Instandhaltungs- und Reparaturkosten, S. 127o; KNIGHT, C. E.: Setting Up Budgets for Maintenance, in: Maintenance Engineering Handbook, hrsg. von MORROW, C. D., New York, Toronto, London 1957, S. 4-2o.

23) Vgl. MIDDELMANN, Ulrich: Grundlagen der Planung und Kontrolle von Instandhaltungskosten in der Eisen- und Stahlindustrie, in: ZfbF, Kontaktstudium, 28. Jg. (1976), Heft 3, S. 43-49, hier S. 44; WIEGEL, H.: Integrierte Instandhaltung, S. 24.

24) Vgl. so auch MIDDELMANN, U.: Planung und Kontrolle von Instandhaltungskosten, S. 44, 45.

eventuell so auslasten, daß ein Teil anderer notwendiger Leistungen (auf die nächste Periode) verschoben werden muß.

Selbst wenn die Anlagen regelmäßig ersetzt werden, sich ihre Beanspruchung nicht in wesentlichem Umfang ändert und Preisänderungen nicht zu erwarten sind, weist die Methode vergangenheitsorientierter Kostenplanung insofern Mängel auf, als sie aufgrund ihrer pauschalen Vorgehensweise keinen Plan-Ist-Vergleich der Instandhaltungskosten, bezogen auf die Kosten einer Anlage oder die Anlagen eines Typs, und sich daraus ergebende Rückschlüsse auf mögliche Kostensenkungen oder zusätzlich aufzuwendende Instandhaltungskosten erlaubt. Die globale, auf die gesamte Instandhaltung bezogene Vorgabe der Kosten berücksichtigt vor allem auch nicht die spezifischen verschleiß- (festigkeits-), belastungs- und instandhaltungsbezogenen Eigenschaften der einzelnen Anlagen. Daher wurden andere, auf die einzelnen Anlagen Bezug nehmende Ansätze der Vorgabe von Instandhaltungskosten entwickelt, die in den folgenden Abschnitten dargestellt werden.

3. Anlagenwertorientierte Kostenvorgaben

a) Anschaffungswertbezogene Kostenvorgaben

Eine auf einzelne Anlagen(-typen) abstellende Methode der Vorgabe von Instandhaltungskosten besteht darin, ein anlagenbezogenes Instandhaltungskostenbudget in Höhe eines bestimmten Prozentsatzes der Anschaffungs- bzw. Herstellungskosten der jeweiligen Anlage festzulegen. Das Kernstück dieses Ansatzes bildet die Annahme, daß "... die Höhe der Instandhaltungskosten...im wesentlichen von der Höhe des Anschaffungswertes..."[25] derart abhängt,

---

25) GROTHUS, Horst: Der Anschaffungswert als Bezugsgrundlage der Instandhaltungskosten, in: Das Industrieblatt, 6o Jg. (196o), S. 545-546.

daß hohe (niedrige) Anschaffungswerte zu relativ hohen (niedrigen) Instandhaltungskosten führen[26].

Die einfachste Variante einer anschaffungswertbezogenen Kostenvorgabe geht davon aus, daß die Instandhaltungskosten einer Anlage während ihrer Lebensdauer gerade ihrem Anschaffungswert entsprechen und in gleicher Höhe während der einzelnen Perioden der Anlagenlebensdauer anfallen[27]. Zur Ermittlung der für die Planperiode vorzugebenden anlagenbezogenen Instandhaltungskosten ist somit der Anschaffungswert einer Anlage mit dem Quotienten "1/Zahl der erwarteten Jahre der Nutzungsdauer" zu multiplizieren. Damit ergibt sich als Summe aller Instandhaltungskosten der Planperiode (I^{t+1}):

$$I^{t+1} = \sum_{i=1}^{n} AW_i \cdot \frac{1}{k_i} \quad \text{mit}$$

I^{t+1}: Instandhaltungskosten der Planperiode
AW_i : Anschaffungswert der Anlage i
k_i : erwartete Nutzungsdauer der Anlage i
n : Anzahl der Anlagen insgesamt

Die Benutzung solcher aus Erfahrungswerten abgeleiteter Kennziffern für die Vorgabe der Instandhaltungskosten hat einerseits zwar den Vorteil einer relativ leichten und schnellen Handhabung - die entsprechenden Daten

---

26) Vgl. auch DERS.: Die Planung der Abnutzungskosten, S. 155-162; DERS.: Instandhaltekosten budgetieren, S. 17, 18; KÖLBEL, H. - SCHULZE, J.: Wirtschaftlichkeitskontrolle, S. 35; KOGER, E.: Kosten der Instandhaltung, S. 15-18; SCHELO, S. J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 151; TAUBERT, D.: Erfassung und Auswertung, S. 55.

27) Vgl. so z. B. GROTHUS, H.: Instandhaltekosten budgetieren, S. 18. Andere Autoren schlagen vor, einen aus Erfahrungswerten gewonnenen (anderen, niedrigeren) Faktor zu wählen, gehen somit davon aus, daß die Instandhaltungskosten während der Anlagenlebensdauer nicht die Höhe des Anschaffungswertes erreichen. Vgl. hierzu z. B. TAUBERT, D.: Erfassung und Auswertung, S. 55; o. V.: What Industry is Spending Today for Maintenance, in: Factory, Jg. 1959, S. 72-75.

liegen in der Anlagenbuchhaltung zumeist schon vor -, birgt aber andererseits auch den Nachteil in sich, daß die vorgegebenen von den in der Planperiode effektiv anfallenden Instandhaltungskosten erheblich abweichen können: Obwohl nämlich die unterstellte Abhängigkeit der perioden- bzw. auf die gesamte Nutzungsdauer bezogenen Instandhaltungskosten einer Anlage von ihrem Anschaffungswert bei erster Betrachtung plausibel erscheinen mag[28], zeigt eine genauere Analyse, daß es sich dabei zumindest um eine sehr stark vereinfachende Hypothese handelt. Denn eine solche proportionale Abhängigkeit ist z. B. schon dann nicht mehr gegeben, wenn sich der höhere Anschaffungswert einer Anlage auf die Verwendung besonders widerstandsfähiger Teile, eine sehr "robuste" und/oder instandhaltungsfreundliche Konstruktion[29] sowie ähnliche, den Verschleißverlauf positiv beeinflussende Ursachen zurückführen läßt. In einer solchen Situation fallen zwar bei Ersatz eines Anlagenteils höhere Wiederbeschaffungskosten an als beim Einbau eines weniger verschleißfesten Teils, die Zahl der Verschleißbeseitigungsmaßnahmen in der betreffenden und den folgenden Perioden wird jedoch vergleichsweise stärker zurückgehen. Im Ergebnis können sich die periodenbezogenen bzw. die während der Nutzungsdauer der Anlage insgesamt anfallenden Instandhaltungskosten durchaus auch bei unterschiedlichen Anlagen gleichen Anlagentyps erheblich unterscheiden.

Aber auch dann, wenn Anlagen eines Typs bezüglich der Verschleißwiderstandsfähigkeit vergleichbar sind, dürfen die anlagenwertbezogenen Kennzahlen zur Instandhaltungskostenvorgabe dann nicht ohne Einschränkung benutzt werden, wenn die Anlagen einer unterschiedlichen Bean-

---

28) So mag man vielfach daran denken, daß der Ersatzmotor für ein relativ teures Kraftfahrzeug erheblich teurer ist als der für ein billigeres und insofern die Instandhaltungskosten vom Anschaffungswert abhängen.

29) Vgl. hierzu SCHELO, S. J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 152; KÖLBEL, H. - SCHULZE, J.: Wirtschaftlichkeitskontrolle, S. 35, 36; SCHUSTER, E.: Instandhaltungsgerechte Konstruktion, S. 299-305.

spruchung unterliegen. Dies kann zunächst durch verschieden lange Einsatzzeiten[30] verursacht werden, wie etwa dann, wenn eine Anlage im Ein-, eine andere im Zwei-Schicht-Betrieb eingesetzt ist oder auch dann, wenn auf einer Anlage nur zeitweise - wie z. B. bei einer nur in bestimmten Situationen zum Einsatz kommenden Anlage (Reserveanlage, Bereitschaftsanlage) - produziert wird. Auch die Intensität und die Art der Anlagennutzung können differieren, letztere vor allem bei Universalanlagen[31].

Weiterhin ist davon auszugehen, daß selbst bei annähernd gleicher produktionsbedingter Inanspruchnahme eine Vielzahl weiterer Einflüsse auf den Verschleiß (z. B. die Bedienungsweise, die Qualität der Instandhaltungsmaßnahmen, die Umweltbedingungen usw.) dazu führen können, daß die Lebensdauern der Anlagen bzw. der Anlagenelemente erheblich streuen und damit - insbesondere bei ungeplanter Instandhaltung - die Zahl der erforderlichen Instandhaltungsleistungen von Anlage zu Anlage stark variiert. Auch aus diesem Grunde ist eine allein anlagenwertbezogene, jährlich in gleicher Höhe festgelegte Instandhaltungskostenvorgabe mit einer erheblichen Problematik verbunden.

Um diese Einwände zu entkräften, wird von GROTHUS ein Verfahren vorgeschlagen (vgl. Abb. 2.1), das die aufgrund des eingangs vorgestellten einfachen anschaffungswertbezogenen Ansatzes vorzugebenden Instandhaltungsko-

---

30) Die Bedeutung der produktionsbedingten Inanspruchnahme für den Verschleißverlauf betont besonders MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 84.

31) Vgl. zum Begriff der Universalanlage GUTENBERG, Erich: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Erster Band, Die Produktion, 23. Aufl., Berlin, Heidelberg, New York 1979, S. 81f.; SCHÄFER, Erich: Der Industriebetrieb, 2. Aufl., Wiesbaden 1978, S. 14o.
Eine aus der Art der Anlagennutzung resultierende unterschiedliche Verschleißeinwirkung kann bspw. durch verschieden verschleißintensive Fertigungsprogramme - z. B. die Verwendung unterschiedlicher Einsatzstoffe und daraus sich ergebender verschieden langer Elementeinsatzdauern - hervorgerufen werden.

Abb. 2.1: Beispielhafte Darstellung einer am Anschaffungswert von Anlagen orientierten Instandhaltungskostenvorgabe

Funktion	Nutzungsdauer	Anlagen-Gruppe	Inventar-Nr.	Neuwert im Anschaffungsjahr	Kostenindex Heute:Anschaffungsjahr	Indizierter Anschaffungswert	Theoretische Instandhaltekostenrate	Theoretische Instandhalteplankosten	Effektive Instandhaltekosten	Korrekturfaktor	Budgetierungsrate	Instandhaltekostenbudget
	Jahr			(DM)	1	(DM)	1	(DM)	(DM)	1	1	(DM)
					Stat. Bundesamt	(5)·(6)	1:(2)	(7)·(8)	Kostenrechnung	Summe (10) / Summe (9)	(8)·(11)	(7)·(12)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Werkzeugmaschinen	16	schnellaufende Arbeitsspindel	3814	100.000	2,0	200.000	0,067	13.400	20.500	461.000 / 381.740 = 1,2076	0,080	16.200
	16		3815	150.000	1,8	270.000	0,067	18.090	19.500		0,080	21.900
	16		3816	100.000	1,2	120.000	0,067	8.040	10.000		0,080	9.800
	16		3817	200.000	1,0	200.000	0,067	13.400	11.000		0,080	16.200
	16		3818	80.000	2,9	232.000	0,067	15.550	28.000		0,080	18.800
	16		3819	100.000	4,2	420.000	0,067	28.140	32.000		0,080	34.000
	16		3820	130.000	3,2	416.000	0,067	27.880	50.500		0,080	33.700
	32	normallaufende Arbeitsspindel	3821	100.000	1,2	120.000	0,033	3.960	3.800		0,040	4.800
	32		3822	200.000	1,0	200.000	0,033	6.600	5.200		0,040	8.000
	32		3823	180.000	1,1	198.000	0,033	6.540	6.400		0,040	7.900
	32		3824	80.000	3,2	256.000	0,033	8.450	8.300		0,040	10.200
	32		3825	100.000	2,9	290.000	0,033	9.570	10.800		0,040	11.600
	32		3826	120.000	2,0	240.000	0,033	7.920	14.000		0,040	9.600
Gebäude	64		1002	2.000.000	3,5	7.000.000	0,017	119.000	148.000		0,020	143.500
	64		1003	3.000.000	1,5	4.500.000	0,017	76.500	85.000		0,020	92.250
	64		1004	1.000.000	1,1	1.100.000	0,017	18.700	8.000		0,020	22.550
								381.740	461.000			461.000

entnommen aus: GROTHUS, Horst: Instandhaltekosten budgetieren, Dorsten 1973, S. 34f.

sten mittels zweier Korrekturgrößen so verändert, daß "...die Bedürfnisse der meisten Unternehmen voll befriedigt..."[32] werden[33]. Die von GROTHUS vorgeschlagene Verfeinerung der einfachen anschaffungswertbezogenen Instandhaltungskostenbudgetierung sieht zum einen eine Berücksichtigung des sich ändernden Preisniveaus - mit Hilfe eines Kostenindex[34] - vor. Zum anderen - und dies

32) GROTHUS, H.: Instandhaltekosten budgetieren, S. 33.
33) Das Beispiel ist entnommen von GROTHUS, H.: Instandhaltekosten budgetieren, S. 33-36.
34) GROTHUS (ebenda) schlägt vor, als Kostenindex einen entsprechenden Index der Feuerversicherungen zu wählen oder einen anderen vom Statistischen Bundesamt.

ist von größerer Bedeutung - führt er einen "Korrekturfaktor" für die "theoretischen Instandhalteplankosten" ein. Dieser Korrekturfaktor wird als Quotient aus den sich in dem der Planperiode vorausgehenden Jahr effektiv angefallenen und den für denselben Zeitraum vorgegebenen Instandhaltungskosten ermittelt (vgl. Spalte 11 der Abb. 2.1). Allerdings erfolgt diese Rechnung nicht anlagenbezogen, sondern global für die Summe der Instandhaltungskosten, so daß anlagenspezifische Rückschlüsse auf die Ursachen der Abweichungen - wie sie bereits diskutiert wurden - bei einzelnen Anlagen von vornherein nicht möglich sind. Ebenso werden auch die Einflüsse anderer bereits erwähnter Bestimmungsfaktoren der Instandhaltungskosten bzw. deren Ausprägungen in der Planperiode nicht berücksichtigt - mit Ausnahme der Preisänderungen.

Eine weitere "Verfeinerung" der anschaffungswertbezogenen Instandhaltungskostenbudgetierung strebt daher an, den Zusammenhang zwischen dem Umfang an Instandhaltungsleistungen und dem Alter der jeweiligen Anlagen zu berücksichtigen. Dies ist deshalb wichtig, weil mit zunehmendem Alter einer Anlage in der Regel immer mehr Elemente der betreffenden Anlage ein Verschleißstadium erreichen, das Instandhaltungsleistungen erforderlich werden läßt. Um diesen im Zeitablauf zunehmenden "Instandhaltungsbedarf" in die Vorgabeüberlegungen einzubeziehen, wurde ein Verfahren entwickelt, das die jährlichen Instandhaltungskosten als Produkt aus dem Anschaffungswert, dem Alter und einem anlagentypspezifischen Faktor ermittelt[35]:

---

35) Vgl. ROBBINS, M. D.: Is this a better Tool for You?, S. 14o; DERSELBE: Predicting Your Maintenance Costs, in: Chemical Engineering, 66. Jg. (1959), S. 172-178.

$$I^{t+1} = \sum_{i=1}^{n} AW_i \cdot AA_i^{t+1} \cdot F_i \quad \text{mit}$$

I^{t+1} = Instandhaltungskosten der Planperiode

AW_i = Anschaffungswert der Anlage i

AA_i^{t+1} = Alter der Anlage i in der Planperiode

F_i = anlagentypspezifischer Faktor

n = Anzahl der Anlagen insgesamt

Hierbei errechnete man durch Regressionsanalysen für einen Betrieb der Zellstoff- und Papierindustrie einen Wert des anlagentypspezifischen Faktors von o,o9, für eine Kokerei einen Wert von o,o4 und für eine Zementfabrik o,11.

Auch diese Methode kann jedoch - selbst dann, wenn der Untersuchung eine sehr große Zahl von Anlagen zugrundeliegt - zu erheblichen Abweichungen zwischen vorgegebenen und effektiv eintretenden Instandhaltungskosten führen[36] und bietet darüber hinaus keine Grundlage für die Kontrolle bzw. für die Erklärung der Abweichungen.

Schließlich lassen sich gegen die Vorgabe von Instandhaltungskosten in Höhe eines bestimmten - auf Erfahrungswerten beruhenden oder durch Regressionsanalysen gewonnenen - Prozentsatzes der Anschaffungskosten außer den bereits hier genannten bezüglich der Übertragbarkeit von Gesetzmäßigkeiten vergangener Perioden auf die Planperiode dieselben Einwände erheben, die schon gegen die globale Übernahme von Vergangenheitswerten diskutiert wurden.

---

36) So zeigt eine empirische Untersuchung, daß selbst bei einer sehr großen Zahl von Anlagen eines Typs - in dem Fall 893 Werkzeugmaschinen - für die der Prozentsatz der Instandhaltungskosten in Abhängigkeit vom Alter geplant und erfaßt wurde, daß die effektiven von den geplanten Instandhaltungskosten um bis zu 6o Prozent abweichen können; vgl. hierzu TAUBERT, D.: Erfassung und Auswertung, S. 56.

b) Wiederbeschaffungswertbezogene Kostenvorgaben

Um vor allem die "...aufgrund von Preisänderungen eintretenden Veränderungen der Instandhaltungskosten..."[37] zu berücksichtigen, schlagen einige Autoren für die Vorgabe der Instandhaltungskosten im Gegensatz zu GROTHUS, der sich auf eine globale Indizierung der Anschaffungswerte beschränkt, explizit eine Orientierung am Wiederbeschaffungswert der Anlagen vor. Diese kann zunächst analog zur Ermittlung der Instandhaltungskosten in Prozent vom Anschaffungswert durch Multiplikation des Wiederbeschaffungswertes mit einem aus Erfahrungswerten gebildeten Quotienten erfolgen[38]. In diesem Fall würden allerdings die Nachteile, die sich aufgrund der für alle Jahre der Nutzung der Anlagen in gleicher prozentualer Höhe vorgegebenen Instandhaltungskosten einstellen, im Grundsatz bestehen bleiben. Daher wurde von GIESBERT[39] ein anderes Verfahren vorgeschlagen, das diese Nachteile zumindest teilweise vermeidet. Bei diesem Ansatz faßt man zunächst Anlagen gleichen Typs zusammen und ordnet sie nach dem jeweiligen Lebensalter (gemessen in bereits erreichten Nutzungsjahren). Für jede dieser so gebildeten Anlagengruppen werden dann aus einem Zeitraum von zwei (oder mehr) Jahren der Vergangenheit die Instandhaltungskosten für das jeweils erreichte Lebensalter ermittelt und ins Verhältnis zum Wiederbeschaffungswert ("Anschaffungswert einer gleich leistungsfähigen Anlage für den Zeitraum der Planung"[40]) gesetzt (vgl. hierzu Abb. 2.2).

---

37) KÖLBEL, H. - SCHULZE, J.: Wirtschaftlichkeitskontrolle, S. 35.

38) Vgl. hierzu GIESBERT, H.: Erfassen und Überwachen, S. 76-85; DERSELBE: Instandhaltungskostenplanung, in: KRP, Jg. 1962, Heft 3, S. 115-122 (I), Heft 3, S. 163-168 (II), Heft 5, S. 219-225 (III), Heft 6, S. 227-284 (IV), hier S. 219-224; KÖHLINGER, H.: Die vorbeugende Instandhaltung, Berlin, Köln, Frankfurt a.M., o. J., S. 5-7; TAUBERT, D.: Erfassung und Auswertung, S. 56; WIEGEL, H.: Transparenz der Instandhaltekosten, S. 172-176.

39) Vgl. GIESBERT, H.: Erfassen und Überwachen, S. 76-85.

4o) Vgl. ebenda, S. 78.

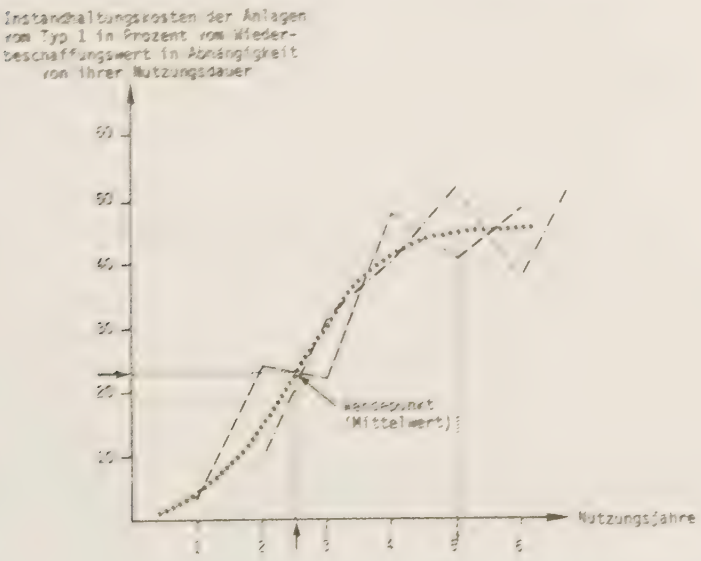
Abb. 2.2: Beispielhafte Darstellung einer am Wiederbeschaffungswert von Anlagen orientierten Instandhaltungskostenvorgabe

Daten der Kostenerfassung im Jahr t-1:

Anlagen des Typs 1 im 1. Nutzungsjahr: 3,5% vom Wiederbeschaffungswert
Anlagen des Typs 1 im 2. Nutzungsjahr: 24,0% vom Wiederbeschaffungswert
Anlagen des Typs 1 im 3. Nutzungsjahr: 22,0% vom Wiederbeschaffungswert
Anlagen des Typs 1 im 4. Nutzungsjahr: 48,0% vom Wiederbeschaffungswert

Daten der Kostenerfassung im Jahr t:

Anlagen des Typs 1 im 2. Nutzungsjahr: 9,5% vom Wiederbeschaffungswert
Anlagen des Typs 1 im 3. Nutzungsjahr: 32,0% vom Wiederbeschaffungswert
Anlagen des Typs 1 im 4. Nutzungsjahr: 39,5% vom Wiederbeschaffungswert
Anlagen des Typs 1 im 5. Nutzungsjahr: 52,5% vom Wiederbeschaffungswert usw.



——————: im Jahr t-1 erfaßte Instandhaltungskosten
— · — · —: im Jahr t erfaßte Instandhaltungskosten
••••••••••••: Mittelwerte der in den Jahren t und t-1 erfaßten Instandhaltungskosten

Das Beispiel ist entnommen aus: GIESBERT, Harald: Erfassen und Überwachen von Instandhaltungskosten, München 1969, S. 79

Unter der Voraussetzung eines regelmäßigen Anlagenersatzes entspricht das Durchschnittsalter aller Anlagen der Hälfte der normalen Nutzungsjahre[41] (des Anlagen-

41) GIESBERT (H.: Erfassen und Überwachen, S. 77) nimmt an, daß die Instandhaltungskosten ab einem bestimmten Nutzungsjahr (im Beispiel ist dies das 5. Jahr) einen gleichbleibenden Höchstwert erreichen.

typs; im Beispiel 2,5 Jahre). In Abhängigkeit von dieser durchschnittlichen Nutzungsdauer der Anlagen errechnet sich somit ein mittlerer Wert für die Höhe der Instandhaltungskosten in Prozent vom Wiederbeschaffungswert (im Beispiel etwa 22 %). Dieser Satz wird dann unter der Annahme eines weitgehenden Ausgleichs möglicher Fehler vorgegeben.

Mit dieser Budgetierungsvariante soll also erreicht werden, daß die - vor allem zu Beginn und zum Ende der Anlagenlebensdauer auftretenden - Abweichungen zwischen vorgegebenen und tatsächlich eintretenden Instandhaltungskosten durch die Abkehr von der auf eine einzelne Anlage bezogenen durch eine anlagentypbezogene durchschnittliche Vorgabe sich nicht auf das Budget auswirken.

Zu dieser allein auf der Berücksichtigung des Alters der Anlagen und den auf diese in vergangenen Perioden entfallenden Instandhaltungskosten beruhenden Berechnung eines durchschnittlichen Anteils am Wiederbeschaffungswert sind jedoch ebenfalls einige kritischen Anmerkungen erforderlich. So vernachlässigt die anlagentypbezogene Durchschnittsbildung unterschiedliche Einsatzbedingungen und ein daraus resultierendes unterschiedliches Verschleißverhalten der einzelnen Anlagen in der Planperiode sowie die Problematik der Ermittlung einer "normalen" Lebensdauer. Keine Begründung erfährt auch die These, daß die Anlagen jeweils dann zu ersetzen sind, wenn ihre Instandhaltungskosten einen gleichbleibenden Höchstwert (im Beispiel etwa 45 %) erreichen. Schließlich ist insbesondere auch zu bedenken, daß die Steigerung der Höhe des Wiederbeschaffungswertes - der sich außerdem oft nur schwer ermitteln läßt - nicht der durch Preisveränderungen der Produktionsfaktoren der Instandhaltung hervorgerufenen Zunahme der Instandhaltungskosten entsprechen muß. Die Höhe des Wiederbeschaffungswertes ist nämlich primär von dem für den Hersteller den Anlagen am Markt erzielbaren Preis abhängig. Dies kann dazu führen, daß überhöhte oder aber auch zu niedrige Instandhaltungskosten für die Planperiode vorgegeben werden.

Nicht zuletzt daraus resultieren wohl auch die in der Regel zu beobachtenden großen Schwankungen für die Höhe des Anteils der Instandhaltungskosten am Wiederbeschaffungswert; TAUBERT [42] gibt einen Anteil zwischen drei und sechzehn Prozent des Wiederbeschaffungswertes an.

Einen weiteren, auf einzelne Anlagen abstellenden, ebenfalls den Wiederbeschaffungswert in die Rechnung einbeziehenden Ansatz wählt KÖHLINGER[43]. Für die einzelnen Anlagen werden danach aufgrund von Erfahrungswerten die während der Nutzungsdauer der Anlagen insgesamt zu erwartenden Instandhaltungskosten (grob) geschätzt und zum Wiederbeschaffungswert am Ende der Nutzungsdauer in Beziehung gesetzt. Hieraus ergibt sich der sogenannte "Instandhaltungsfaktor":

$$\text{Instandhaltungsfaktor} = \frac{\text{Instandhaltungskosten während der Nutzungsdauer}}{\text{Wiederbeschaffungswert der Anlage (am Ende der Nutzungsdauer)}}$$

Die Instandhaltungskosten je Laufstunde der Anlage werden dann entsprechend folgender Gleichung ermittelt:

$$\text{Instandhaltungskosten je Laufstunde der Anlage während ihrer Nutzungsdauer} = \frac{\text{Wiederbeschaffungswert am Ende der Nutzungsdauer}}{\text{Zahl der erwarteten Nutzungsjahre} \times \text{Zahl der jährlichen Laufstunden}} \times \text{Instandhaltungsfaktor} \quad 44)$$

Dies führt jedoch, abgesehen von dem besonderen Problem einer Abschätzung des am Ende der (vor allem bei relativ langlebigen Anlagen schwer zu ermittelnden) Nutzungsdauer zu erwartenden Wiederbeschaffungswertes und der Zahl der jährlich zu erwartenden Laufstunden und anderen bereits diskutierten Mängeln, tendenziell dazu, daß zu Beginn der Nutzungsdauer einer Anlage ein zu großes und

---

42) Vgl. TAUBERT, D.: Erfassung und Auswertung, S. 56.
43) Vgl. KÖHLINGER, H.: Die vorbeugende Instandhaltung, S. 5-7.
44) Anhand dieses Zusammenhangs zeigt sich deutlich, daß der Wiederbeschaffungswert überflüssigerweise in die Rechnung aufgenommen wird.

zum Ende der Lebensdauer ein zu niedriges (anlagenbezogenes) Instandhaltungsbudget vorgegeben wird. Denn die Instandhaltungskosten je Laufstunde der Anlage werden als vom Anlagenalter unabhängig in konstanter Höhe vorgegeben. Bei jährlich gleich hoher Laufstundenzahl und zunehmendem Alter der Anlagen ergibt sich somit tendenziell ein zu niedriges bzw. zu hohes Budget.

Allerdings erweitert diese Methode die bisher vorgestellten Ansätze insofern, als sie es ermöglicht, eine der in der Planperiode geplanten Anzahl von Laufstunden der Anlagen, die teilweise ohnehin im Rahmen der Produktionsplanung ermittelt werden, entsprechende Vorgabe von Instandhaltungskosten zu erreichen, wenn dies auch noch mit Fehlern behaftet ist, wie in dem folgenden Abschnitt noch näher erläutert wird.

III. Bedarfsorientierte Planungsansätze

Den bisher dargestellten Methoden der Vorgabe von Instandhaltungskosten ist außer den bereits beschriebenen Nachteilen insbesondere der Mangel gemeinsam, daß sie nicht oder nicht in ausreichendem Maße berücksichtigen, wodurch die Instandhaltungskosten verursacht werden. Dies versuchen die im folgenden dargestellten Ansätze zu erreichen, indem sie bei der Planung der Instandhaltungskosten auf die wesentliche(n) Einflußgröße(n) des Bedarfs an Instandhaltungsleistungen und deren Entwicklung in der Planperiode abstellen. In der Grundtendenz sollen so die den Verschleiß der Anlagen bewirkenden Einflüsse beachtet und ein den notwendigen Instandhaltungsleistungen entsprechendes Instandhaltungsbudget vorgegeben werden.

Noch relativ einfache und wenig planungsintensive bedarfsorientierte Methoden der Instandhaltungskostenplanung berücksichtigen den grob umrissenen Zusammenhang zwischen der Ermittlung des Bedarfs an Instandhaltungsleistungen und den hierzu aufzuwendenden Kosten nur in er-

sten Ansätzen. Sie bauen auf den Instandhaltungskosten vergangener Perioden auf und setzen diese ins Verhältnis zu einer Maßgröße des als wesentlich für den Bedarf an Instandhaltungsleistungen angesehenen Einflußfaktors. Als die bedeutsamste Einflußgröße wird zumeist die produktionsbedingte Inanspruchnahme der Anlagen - zum Beispiel gemessen in Anlagenbetriebs- oder -laufstunden - zugrundegelegt. Für die Bestimmung der in der Budgetperiode zu erwartenden Instandhaltungskosten werden dann die (aus den vergangenen Perioden ermittelten) Instandhaltungskosten je Anlagenbetriebsstunde mit dem für die Budgetperiode geplanten (erwarteten) Stundenvolumen multipliziert und über alle Anlagen aggregiert[45].

$$I^{t+1} = \sum_{i=1}^{n} \frac{I_i^t}{b_i^t} \cdot b_i^{t+1} \quad \text{mit}$$

I^{t+1} = Instandhaltungskosten der Planperiode

I_i^t = Instandhaltungskosten der Anlage i in Periode t

b_i^t = Betriebsstunden der Anlage i in Periode t

b_i^{t+1} = Betriebsstunden der Anlage i in der Planperiode

n = Anzahl der Anlagen insgesamt

Der Planungsaufwand beschränkt sich hierbei auf die Ermittlung der Instandhaltungskosten und der Anlagenbetriebsstunden in der Vergangenheit sowie die - im Rahmen der Produktionsplanung vielfach ohnehin vorzunehmende - Planung der zukünftigen Laufstunden der Anlagen. Dieses Verfahren ist insofern auf den Bedarf der Budgetperiode ausgerichtet, als es zumindest implizit den Zusammenhang zwischen einem den Verschleiß der Anlagen hervorrufenden Einflußfaktor (Anlagenbetriebsstunden) und dessen Entwicklung in der Planperiode sowie den daraus resultierenden Umfang an Instandhaltungskosten berücksichtigt.

---

45) Einen solchen Ansatz wählt bspw. NEUMAYER, W. W.: Planung und Verrechnung der Maschinenreparaturkosten, in: ZfB, 2o. Jg. (195o), Nr. 1, S. 53-56.

Kritisch muß gegen dieses und ähnliche Konzepte allerdings eingewandt werden, daß in die Planungsüberlegungen nur ein einziger Einflußfaktor (Anlagenbetriebsstunden) auf den Verschleiß explizit eingeht, obwohl häufig noch eine Reihe anderer Faktoren den Verschleiß bestimmen. Instandhaltungskosten fallen nämlich auch aufgrund der Beobachtung, Hemmung und Beseitigung solcher Verschleißerscheinungen an, die von der Zahl der Anlagenlaufstunden nicht oder nicht unmittelbar abhängig sind. Der spezifische Einfluß solcher Größen, wie z. B. Verschleißerscheinungen aufgrund von Umwelteinflüssen, wird aber so weder für die Vergangenheit noch für die Zukunft erkennbar. Insofern erlauben diese Verfahren nur eine stark vereinfachende Planung der Instandhaltungskosten.

Zum zweiten kann man nicht (generell) davon ausgehen, daß das Mengengerüst der Instandhaltungskosten aus der Vergangenheit in gleicher Weise für die Planperiode hinsichtlich Umfang und Struktur Gültigkeit besitzt. So kann zum Beispiel aufgrund zunehmenden Alters der Anlagen und einem damit verbundenen steigenden Anteil instandhaltungsbedürftiger Anlagenelemente oder aufgrund einer Verkürzung der Instandhaltungszyklen der Umfang notwendiger Instandhaltungsleistungen wachsen. Eine veränderte Struktur des Instandhaltungsvolumens kann aber etwa auch durch einen Wechsel der Instandhaltungsverfahren (z. B. durch einen verstärkten Übergang zur ausbessernden statt zur austauschenden Reparatur oder umgekehrt bzw. durch Veränderungen der Anteile an Eigen- und Fremdinstandhaltungsleistungen) bedingt sein.

Drittens berücksichtigt dieser Planungsansatz nicht, wie sich die Instandhaltungskosten bei Änderungen des Instandhaltungsvolumens verhalten. Eine Einbeziehung dieses Zusammenhangs ist vor allem deshalb von Bedeutung, weil nicht alle Kosten bei einer Veränderung des Umfanges erforderlicher Instandhaltungsleistungen in gleichem Maße variieren. Ein Teil der Instandhaltungskosten

verändert sich nämlich zumindest bei kurzfristig steigendem oder fallendem Instandhaltungsbedarf nicht (wie z. B. das Gehalt des Meisters eines Instandhaltungsbereiches). Auch in der Planperiode möglicherweise auftretende Preisänderungen für die Produktionsfaktoren der Instandhaltung werden nicht beachtet.

Insbesondere den erstgenannten Mangel der ausschließlichen Berücksichtigung nur eines Verschleißeinflußfaktors in diesem Konzept versucht SCHILLING[46] dadurch zu begegnen, daß er die für den "Bedarf an Inganghaltung"[47] in der Vergangenheit angefallenden Instandhaltungskosten in einen von Produktionsschwankungen abhängigen und unabhängigen Anteil differenziert. Obwohl insofern eine Erweiterung im Hinblick auf eine Orientierung am Instandhaltungsbedarf festzustellen ist, stellt auch der SCHILLING'sche Vorschlag nur einen ersten und recht groben Ansatz zur Verbesserung dar. Einschränkend ist nämlich anzumerken, daß die Aufteilung in von Produktionsschwankungen unabhängig und abhängig angefallene Kosten einerseits zwar bereits die Existenz zweier Gruppen von Einflußfaktoren auf den Verschleiß berücksichtigt, daß aber andererseits die konkreten Zusammenhänge zwischen diesen und dem in der Planperiode benötigten Instandhaltungsvolumen übergangen werden. Außerdem geht die Abhängigkeit der Instandhaltungskosten vom Produktionsvolumen nicht detailliert,sondern nur durch recht grobe Schätzungen in die Planung ein.

Ebenfalls auf Schätzungen beruht die Aufteilung in vom Produktionsvolumen abhängige und unabhängige Instandhaltungskosten bei GIESBERT[48], der allerdings auch Preisveränderungen und Änderungen des Anlagenbestandes in

---

46) Vgl. SCHILLING, H.: Planmäßige Anlagenpflege, S. 1o9-113.
47) Ebenda, S. 11o. Schilling versteht unter Inganghaltung den Teil der Instandhaltungsleistungen, der aus den vorbeugenden Reparaturen besteht.
48) Vgl. GIESBERT, H.: Erfassen und Überwachen, S. 71-76; DERS.: Instandhaltungskostenplanung, S. 165-168.

der Planperiode in die Kostenplanung einbezieht. Er stellt dabei jedoch nicht auf eine einzelne Anlage oder einen Anlagentyp, sondern vielmehr global auf die Instandhaltungskosten insgesamt ab. (Das aus sechs Schritten bestehende Verfahren ist in Abb. 2.3 dargestellt.)

Abb. 2.3: Auf in der Budgetperiode zu erwartende Veränderungen des Produktionsvolumens aufbauende Methode der Vorgabe von Instandhaltungskosten

Schritt Nr.		Inhalt	Zahlenbeispiel "Vorab-Rechnungen"	Kosten proportionale	Kosten fixe	Kosten vorzugebende
1		Ermittlung und Aufspaltung der durchschnittlichen Instandhaltungskosten aus zwei vergangenen Perioden (Jahren) in fixe und proportionale Bestandteile		13 000	2 500	2 500
2	a)	Ermittlung der im gleichen Zeitraum durchschnittlich gefertigten Produktzahl	26 000			
	b)	Division der proportionalen Instandhaltungskosten durch die Zahl der durchschnittlich gefertigten Produkte	13 000 : 26 000 = 0,5			
	c)	Multiplikation der proportionalen Instandhaltungskosten je Produkt (Stück) mit der Zahl der für die Planperiode erwarteten Produktzahl (30 000 Stück)	0,5 x 30 000 = 15 000	15 000		15 000
3	a)	Ermittlung der aufgrund geschätzter Preissteigerungen (für die einzelnen Produktionsfaktoren der Instandhaltung) zusätzlich entstehenden Kosten bei Beibehaltung des bisherigen durchschnittlichen Produktionsvolumens	1 270	1 270		
	b)	Ermittlung der durch das (um 15,4 Prozent: 4.000:26.000) höhere Produktionsvolumen in der Planperiode zusätzlich entstehenden preissteigerungsbedingten Mehrkosten	1 270 x 0,154 = 196	196		1 466
1. ZWISCHENSUMME						18 966
4		Berücksichtigung der durch die Veränderung des Anlagenbestandes in den vergangenen zwei Perioden (je Vergleichsjahr) entstandenen Mehrkosten in Prozent der 1. Zwischensumme (2 bzw. 3 Prozent)	18 966 x 0,02 = 379 18 966 x 0,03 = 569	379 569		948
2. ZWISCHENSUMME						19 914
5		Berücksichtigung der durch die Veränderung des Anlagenbestandes in der Planperiode zu erwartenden Mehrkosten in Prozent der 2. Zwischensumme (6 Prozent)	19 914 x 0,06 = 1 195	695	500	1 195
3. ZWISCHENSUMME						21 109
6	a)	geschätzter Abschlag für unechte Instandhaltungskosten in Prozent der 2. Zwischensumme (5 Prozent)	19 914 x 0,05 = 996			
	b)	geschätzter Abschlag für geplante Einsparungen in der Planperiode in Prozent der 2. Zwischensumme (3 Prozent)	19 914 x 0,03 = 597			1 593
VORZUGEBENDES INSTANDHALTUNGSKOSTENBUDGET						19 516

Das Beispiel ist unter Vornahme einiger rein rechnerischer Korrekturen entnommen aus GIESBERT, Harald: Erfassen und Überwachen Instandhaltungskosten, München 1969, S. 71-75.

Gegen diese Vorgehensweise lassen sich allerdings eine Reihe kritischer Einwände erheben. So wird bei der Aufspaltung der durchschnittlichen Instandhaltungskosten der vergangenen Perioden in fixe und proportionale Anteile nur eine grobe Schätzung vorgenommen und dies auch nur dann, wenn "große" fixe Anteile vorhanden sind[49]. Weiterhin findet sich weder eine Aussage darüber, welche Instandhaltungskostenarten zu den vom Produktionsvolumen abhängigen bzw. unabhängigen zu zählen sind, noch wird die Ermittlung des Anteils, der mit dem Produktionsvolumen variiert bzw. davon unabhängig ist, näher erläutert.

---

49) So GIESBERT, H.: Erfassen und Überwachen, S. 71.

Die im zweiten Schritt (vgl. die Zeilen 2a, 2b und 2c der Abb. 2.3) vorgenommene Division der variablen Instandhaltungskosten durch die Zahl der in einem (längeren) Zeitraum der Vergangenheit durchschnittlich gefertigten Leistungseinheiten dient bei GIESBERT zur Ermittlung und Vorgabe der (produktions-)leistungsabhängigen Instandhaltungskosten. Alle nicht fixen Instandhaltungskosten werden mithin als proportional zu der Zahl der Leistungseinheiten unterstellt, was nicht grundsätzlich zutreffen muß. Man denke etwa an die Instandhaltungsleistungskosten, die durch die Reparatur des Fundamentes einer Anlage verursacht werden und vom Produktionsvolumen unabhängig sind. Im Fall fehlender (bei nur "geringem" Fixkostenanteil) oder falscher Kostenspaltung - d. h. wenn in den als proportional angesehenen Instandhaltungskosten fixe Kostenanteile, z. B. fixe Lohnkosten, enthalten sind- ist die Vorgabe der vermeintlich proportionalen Kosten als Produkt der "proportionalen" Kosten je Leistungseinheit und der Zahl der für die Budgetperiode geplanten Leistungseinheiten mit Fehlern behaftet, weil hierbei produktionsvolumenunabhängige Kosten nicht verursachungsgerecht zugerechnet werden. Denn diese hängen eben nicht von der Zahl der Leistungseinheiten unmittelbar ab, sondern werden aufgrund langfristiger Erwartungen über den Instandhaltungsbedarf festgelegt. Das von GIESBERT vorgeschlagene Verfahren führt infolgedessen dazu, daß bei einem Rückgang der Beschäftigung der Produktion die vermeintlich proportionalen Instandhaltungskosten je Leistungseinheit durch die Belastung mit zugeschlüsselten Fixkosten ansteigen, auch wenn die "echten proportionalen Instandhaltungskosten je Leistungseinheit (der Produktion)" in unveränderter Höhe weiterhin anfallen. Für die Festlegung des Budgets hat das zur Folge, daß dieses in Zeiten einer Beschäftigungszunahme in der Produktion zu hoch, in Zeiten eines Beschäftigungsrückgangs zu niedrig bemessen wird, wie das Beispiel in Abb. 2.4 zeigt.

Zusätzlich berücksichtigt diese auf einer unzureichenden Kostenspaltung basierende Planung der Instandhaltungs-

Abb. 2.4: Darstellung der falschen Bemessung des Instandhaltungskostenbudgets durch eine fehlerhafte Kostenspaltung (beispielhaft ausgewiesen für einen Beschäftigungsrückgang in der Produktion)

Beispieldaten:

- gefertigte Leistungseinheiten in Periode t: 10.000 [Stück]
- zu fertigende Leistungseinheiten in Periode t+1: 5.000 [Stück]
- Gesamtkosten der Instandhaltung in Periode t: 20.000,--[DM/Periode]

Kosten der Periode / Kostenkategorien		Vorgabe des Instandhaltungskostenbudgets bei falscher Kostenspaltung: Periode t	falscher Kostenspaltung: Periode t+1	sachgemäßer Kostenspaltung: Periode t	sachgemäßer Kostenspaltung: Periode t+1
Fixe Kosten	[DM/Periode]	6.000,--[1)]	→ 6.000,--	10.000,--	→ 10.000,--
Summe der proportionalen Kosten	[DM/Periode]	14.000,--	→ 7.000,--[2)]	10.000,--	→ 5.000,--[3)]
Proportionale Kosten je Leistungseinheit	[DM/Stück]	1,40		1,00	
Budgetvorgabe	[DM/Periode]		13.000,--		15.000,--

1) geschätzter Wert
2) 1,40 [DM/Stück] x 5.000 [Stück/Periode]
3) 1,00 [DM/Stück] x 5.000 [Stück/Periode]

kosten nicht, in welcher Weise, zu welchen Terminen und in welchem Ausmaß sich die Bereitschaftskosten verändern lassen. Weiterhin unterstellt GIESBERT, daß nur eine einzige Leistungsart (Produktart) eines Typs gefertigt wird und somit neue Zurechnungsprobleme auftreten.

Die Vorgabe der proportionalen Instandhaltungskosten für die Planperiode (Multiplikation der erwarteten Leistungseinheiten mit den proportionalen Instandhaltungskosten je Leistungseinheit aus der Vergangenheit) unterstellt, daß auch in der Planperiode die gleichen Bedingungen wie in der Vergangenheit zu erwarten sind, hier z. B. sowohl eine unveränderte Struktur der Instandhaltungskosten als auch der Instandhaltungsleistungen und der Inanspruchnahme der Produktionsfaktoren der Instandhaltung.

Preisveränderungen bei den einzelnen Produktionsfaktoren der Instandhaltung berücksichtigt GIESBERT (vgl. die Zeilen 3a und 3b der Abb. 2.3) durch globale Zuschläge. Diese preissteigerungsbedingten Mehrkosten wer-

den generell als proportionale Kosten behandelt, wobei dieser proportionale Charakter keine nähere Begründung erfährt.

Mit dem vierten Schritt (vgl. Zeile 4 der Abb. 2.3) will GIESBERT die durch die in den vergangenen Perioden eingetretenen Änderungen des Anlagenbestandes verursachten Kosten gesondert berücksichtigen. Durch sein Vorgehen gehen jedoch in die Rechnung erfaßte Instandhaltungskosten zweifach ein, denn die gesamten Kosten aus der Vergangenheit werden ja schon im ersten Schritt ermittelt. Außerdem berechnet GIESBERT die aufgrund der Veränderung des Anlagenbestandes in der Vergangenheit angefallenen Kosten unter Bezugnahme auf erst für die Planungsperiode zu erwartende Kosten. Darüber hinaus werden diese Mehrkosten ohne nähere Begründung den proportionalen Kosten zugerechnet. Abgesehen von diesen methodischen Schwächen unterstellt das Verfahren eine Abhängigkeit der Instandhaltungskosten vom Wert der Anlagenveränderung dahingehend, daß sich die gesamten Instandhaltungskosten um denselben Prozentsatz wie der Anlagenwert verändern[5o].

In analoger Form berücksichtigt dieser Ansatz Änderungen des Anlagenbestandes in der Planperiode und daraus resultierende Änderungen der zu erwartenden Instandhaltungskosten (im fünften Schritt - vgl. Zeile 5 der Abb. 2.3). Auch hier bleibt die Aufteilung dieser Mehrkosten in fixe und proportionale Bestandteile unerklärt.

5o) GIESBERT geht hierbei davon aus, daß der Anlagenzugang (-abgang) nur für die Hälfte des Anlagenzugangs-(-abgangs-)jahres anzusetzen ist, was zumindest eine sehr vereinfachende Prämisse ist. Daher errechnet sich die prozentuale Anlagenveränderung als:

$$\frac{\frac{1}{2} \cdot \text{Anlagenveränderung}}{\text{Anlagenaltbestand}} \cdot 1oo = \text{Anlagenveränderung in Prozent}$$

Die Anlagenveränderung selbst bestimmt GIESBERT als:

$$\frac{\text{Wert der Anlagenzugänge}}{-\text{Wert der Anlagenabhänge}}$$
$$\text{Wert der Anlagenveränderung.}$$

Schließlich werden von den so ermittelten Instandhaltungskosten im sechsten Schritt Abschläge für unechte Instandhaltungskosten - wie z. B. für die Erstellung von Neuanlagen, Umbauten usw. - (vgl. Zeile 6a der Abb. 2.3) und für geplante Einsparungen (vgl. Zeile 6b der Abb. 2.3) gemacht, die nicht auf einer detaillierten Planung beruhen, sondern nur grob geschätzt werden und insofern allenfalls eine Zielsetzung für die Planperiode abgeben können.

NEWBROUGH[51] wählt einen ähnlichen Weg, geht allerdings stärker auf das Mengengerüst der Instandhaltungskosten ein, indem er insbesondere die in der Budgetperiode in Anspruch zu nehmenden Handwerkerstunden plant. Hierzu ermittelt er die in vergangenen Perioden - differenziert nach Berufsgruppen der Instandhaltungshandwerker - in Anspruch genommenen Stunden. Von diesen werden als "fixer" Anteil die Zeiten herausgerechnet, die für vom Produktionsvolumen unabhängig angefallene Instandhaltungsleistungen, wie z. B. für Gebäudereinigung u. a., verursacht wurden. Die dann verbleibenden - von dem Produktionsvolumen abhängigen - Stunden bezieht NEWBROUGH auf eine Standard- oder Normalbeschäftigung der Produktion und erhält als Ergebnis eine Normalstundenzahl je Berufsgruppe und Produktionsstunde. Die je Produktionsstunde ermittelte Normalinstandhaltungsstundenzahl wird mit den erwarteten Produktionsstunden der Planperiode multipliziert und man erhält nach Addition der - in konstanter Höhe übernommenen - Zahl der produktionsvolumenunabhängigen Instandhaltungsstunden den Gesamtbedarf an Instandhaltungsstunden der Planperiode. Diese Planinstandhaltungsstunden werden mit einem Standardkostensatz bewertet, der sich als Summe aller berufsgruppenspezifisch angefallenen Kosten (einschließlich der Kosten für Energien und für nicht direkt zurechenbaren Materialverbrauch, allerdings ohne die für Ersatzteile und andere auftragsspezifischen Teile), dividiert durch die (berufsgruppenspezifisch) angefallenen Instandhaltungsstunden ergibt:

---

51) Vgl. NEWBROUGH, E. T.: Effective Maintenance Management, S. 77-92.

$$I^{t+1} = \sum_{m=1}^{W} \left[\frac{\overline{IS}_{PV_m}}{\overline{B}} \cdot B^{t+1} + IS_{PF_m} \right] \cdot \frac{I_m^t}{\overline{IS}_{PV_m} + IS_{PF_m}}$$

I^{t+1} = Instandhaltungskosten der Planperiode

W = Zahl der Berufsgruppen

$\overline{IS}_{PV_m}$ = Durchschnittliche produktionsvolumenabhängige Instandhaltungsstunden der Berufsgruppe m

$\overline{B}$ = Normalstundenzahl der Produktion

B^{t+1} = Produktionsstunden der Planperiode

IS_{PF_m} = Produktionsvolumenunabhängige Instandhaltungsstunden der Berufsgruppe m

I_m^t = Gesamte Instandhaltungskosten der Periode t für die Berufsgruppe m

Das gleiche Verfahren wird für die Planung der auftragsspezifischen Material- und Ersatzteilkosten - hier allerdings auf der Basis der aus Material- und Ersatzteilkosten und Produktionsstunden gebildeten Quotienten - angewendet[52].

BRACHT[53] und MIDDELMANN[54] benutzen für die Unterteilung der Instandhaltungskosten in produktionsvolumenabhängige und -unabhängige Instandhaltungskosten Regressionsanalysen. Beide gehen hierbei zunächst von der - anlagenbezogenen - Korrelation zwischen Produktionsmengen bzw. Laufzeiten (bei heterogener Produktion) der Anlagen einerseits und den benötigten Instandhaltungsstunden andererseits aus (vgl. auch Abb. 2.5). Als Ergebnis dieser Rechnungen ergeben sich Regressions- oder Bedarfsfunktionen[55], die nach Meinung dieser Autoren den fixen bzw. variablen Anteil der Instandhaltungslohnstunden in Ab-

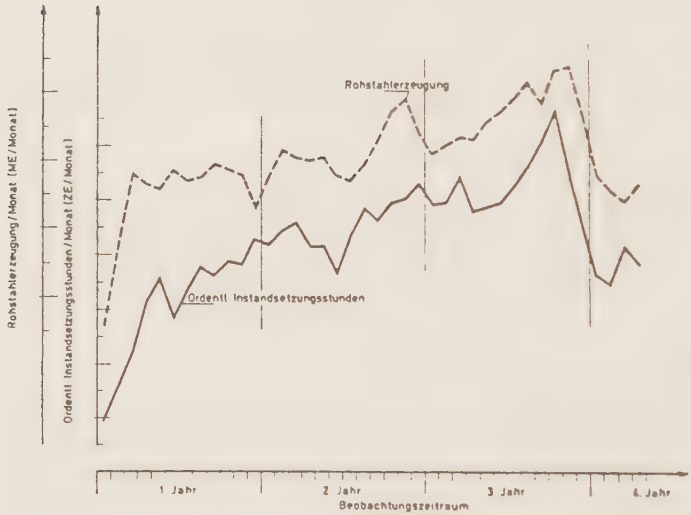
52) Vgl. NEWBROUGH, E. T.: Effective Maintenance Management, S. 9o, 91.

53) Vgl. BRACHT, W.: Wie wird ein Instandhaltungsetat ermittelt und begründet?, in: Aktuelle Probleme der Instandhaltung, VDI-Berichte Nr. 215, Düsseldorf 1974, S. 59-71, hier S. 6o-66.

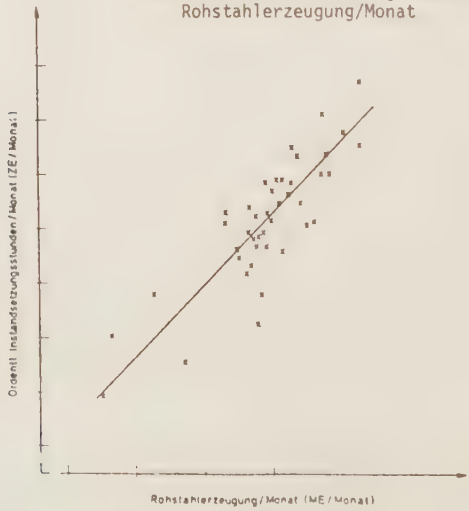
54) Vgl. MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 85-1o3 und S. 12o-149.

55) Diesen Begriff wählt MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 89.

Abb. 2.5: Graphische Darstellung der Ermittlung des Zusammenhangs zwischen der produktionsbedingten Inanspruchnahme von Anlagen (gemessen in Produktionsmengen) und (laufendem) Instandhaltungsbedarf (gemessen in Instandsetzungsstunden)



Der Verlauf der ordentlichen Instandsetzungsstunden/Monat und der Rohstahlerzeugung/Monat



Der funktionale Zusammenhang zwischen den Instandsetzungsstunden/Monat und der Rohstahlerzeugung/Monat

entnommen aus: MIDDELMANN, Ulrich: Planung der Anlageninstandhaltung, Wiesbaden 1977, Anhang 2

hängigkeit von der Produktionsmenge (Laufzeit) wiedergeben. Für die in der Planperiode zu erwartenden Instandhaltungsstunden werden dann in die Regressionsfunktion die geplanten (erwarteten) Produktionsmengen oder Laufzeiten eingesetzt.

Damit errechnen sich die zu erwartenden Instandhaltungsstunden als:

$$IS^{t+1} = a_o + b_o \cdot P^{t+1} \quad \text{mit}$$

IS^{t+1} = Instandhaltungsstunden der Planperiode

a_o/b_o = Parameter der Regressionsfunktion

P^{t+1} = Produktionsvolumen der Planperiode (gemessen in Anlagenbetriebsstunden oder Produktionsmengen).

Zur Ermittlung des Instandhaltungskostenbudgets schlägt BRACHT vor, die so für die Planperiode errechneten Stunden mit dem Lohnsatz je Stunde zu bewerten, um so das Teilbudget "Instandhaltungslöhne" zu erhalten[56]. Die übrigen Personalkosten (z. B. Sozialversicherungsbeiträge etc.) werden im Anschluß daran ermittelt, indem ihr Anteil an den Personalkosten des letzten Budgets um denselben Prozentsatz korrigiert wird, um den sich auch die Instandhaltungslöhne gegenüber dem letzten Budget ändern. Dieselbe Vorgehensweise wählt BRACHT auch für die anderen Teilbudgets (Material, Energie, Werkzeuge). Das Teilbudget für Fremdleistungen ermittelt er dadurch, daß alle bereits eingegangenen vertraglichen Verpflichtungen erfaßt, auf mögliche Veränderungen überprüft und "... geldmäßig bewertet werden."[57].

Demgegenüber geht MIDDELMANN - ähnlich wie NEWBROUGH - differenzierter vor. Er stellt für die Planung aller anderen Kosten - mit Ausnahme der Kosten für "auftragsspezifische" Materialien und Reserveteile, die unmittelbar

56) Vgl. BRACHT, W.: Instandhaltungsetat, S. 68f..
57) Vgl. ebenda, S. 7o.

den empfangenden Kostenstellen anzulasten sind[58] - sogenannte "Richtkostenfunktionen"[59] auf. In diesen (Regressions-)Funktionen werden die anderen Kosten (wie Energie-, Material-, Werkzeugkosten etc.) in Abhängigkeit von den Instandhaltungsstunden erfaßt und geplant:

$$KA_1^{t+1} = a_1 + b_1 \cdot IS^{t+1}$$

$$KA_2^{t+1} = a_2 + b_2 \cdot IS^{t+1}$$

$$\vdots$$

$$KA_g^{t+1} = a_g + b_g \cdot IS^{t+1}$$

mit

$KA_{1...g}^{t+1}$ = Höhe der Kosten der Kostenart in der Planperiode

$a_{1...g}/b_{1...g}$ = Parameter der Regressionsfunktionen

IS^{t+1} = Instandhaltungsstunden in der Planperiode

Allen drei zuletzt beschriebenen Methoden der Planung der Instandhaltungskosten (der Autoren NEWBROUGH, BRACHT, MIDDELMANN) ist gemeinsam, daß sie davon abgehen, die Instandhaltungskosten undifferenziert als Kostenblock vorzugeben. Sie nehmen vor allem stärker Bezug auf das Mengengerüst der Instandhaltungskosten, wenn auch nur speziell auf die benötigten Instandhaltungsstunden. Es erfolgt somit vor allem eine Orientierung am Bedarf an Instandhaltungsstunden in der Planperiode.

Allerdings ist hinsichtlich der bedarfsorientierten Auslegung einschränkend festzustellen, daß die alleinige Verwendung des geplanten Produktionsvolumens als Bestimmungsfaktor des Bedarfs an Produktionsfaktoren bzw. der Instandhaltungsstunden eine nicht zu rechtfertigende Vereinfachung darstellt, da diese aus mehreren Gründen nicht

---

58) Diese Kosten werden von MIDDELMANN (U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 132) (wie die erforderlichen Instandhaltungsstunden) anhand von Korrelationen zwischen diesen Kostenarten und dem Produktionsvolumen ermittelt und geplant. Zu widersprechen ist jedoch seiner Ansicht (S. 14o), daß diese Kostenarten nicht zu den Kosten der leistenden Kostenstellen zu zählen sind.

59) MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, z. B. S. 145.

unmittelbar vom Produktionsvolumen abhängen. Direkt wird der Bedarf an Produktionsfaktoren vielmehr von der Planung der Instandhaltungsverfahren, der Reihenfolge der Bearbeitung der Instandhaltungsaufträge und schließlich auch der Terminplanung in seiner art- und mengenmäßigen sowie zeitlichen Struktur festgelegt. Weiterhin wird die der Planung der Durchführung der Instandhaltungsleistungen zugrundeliegende Festlegung der Art, Zahl und zeitlichen Struktur der Instandhaltungsleistungen (die Instandhaltungsprogrammplanung) außer acht gelassen.

Weiterhin kann man nicht grundsätzlich davon ausgehen, daß die Zahl der benötigten Instandhaltungsstunden je Produktionsstunde oder Leistungseinheit auch in der Planperiode unverändert erhalten bleibt, weil z. B. mit zunehmendem Alter der Fertigungsanlagen vielfach auch ein wachsender Verschleiß einhergeht, so daß zusätzliche Instandhaltungsstunden benötigt werden. Der Zusammenhang zwischen dem Verschleiß und den benötigten Instandhaltungsleistungen einerseits sowie zwischen den Instandhaltungsleistungen und den Instandhaltungsstunden andererseits wird somit als konstant angenommen. Damit wird zum einen die Abhängigkeit der Instandhaltungsstunden vom Produktionsvolumen quasi als technologischer Zwangszusammenhang behandelt, obwohl hier ein dispositiver Handlungsspielraum existiert, der den Bedarf an Instandhaltungsstunden erheblich beeinflussen kann. Zum anderen unterstellen die betreffenden Autoren, daß durch eine Bewertung der Zahl der prognostizierten Instandhaltungsstunden direkt auf die Instandhaltungskosten zu schließen sei. Dem ist jedoch aus mehreren Gründen zu widersprechen.

Schon die Lohnkosten lassen sich allein anhand der Instandhaltungsstunden nicht zutreffend ermitteln. Denn das würde zumindest voraussetzen, daß jede Instandhaltungsstunde (Lohn-)Kosten in gleicher Höhe verursacht. Davon kann man aber schon deshalb nicht ausgehen, weil gerade im Instandhaltungsbereich sehr unterschiedlich ausgebildetes und qualifiziertes Personal eingesetzt

wird, das entsprechend unterschiedliche Kosten verursacht. Außerdem müßte die Voraussetzung erfüllt sein, daß keine Überstunden oder andere in der Instandhaltung oftmals erforderliche kapazitätserhaltende Anpassungsmaßnahmen durchgeführt werden, die eine andere Bewertung einer Einsatzstunde des Personals zur Folge haben müßten. Schließlich ist dieser Vorgehensweise entgegenzuhalten, daß die unterstellte Annahme der beliebigen Teilbarkeit des Produktionsfaktors Personal nicht zutrifft. Dies würde nämlich bedeuten, daß Personal zu jedem Zeitpunkt des Planungszeitraumes in beliebigem Umfang eingestellt oder entlassen bzw. umgesetzt werden kann. Das ist jedoch nicht möglich. Vielmehr kann die personelle Kapazität nur in bestimmten Quanten, zu bestimmten Terminen und innerhalb bestimmter Fristen auf- und abgebaut werden. Aus diesem Grund dürfen die Lohnkosten mit Ausnahme der Überstundenlöhne und - mit Einschränkungen - anderer Leistungslöhne nicht einer Stunde zugeschlüsselt werden. Dies gilt in gleicher Weise für die anderen Personalkosten. Weiterhin ist es verfehlt, von der Zahl der prognostizierten Instandhaltungsstunden auf die Höhe der anderen Instandhaltungskosten zu schließen. Hierzu müßte nämlich die Annahme gerechtfertigt sein, daß sich die Kosten je eingesetzter Einheit der weiteren Produktionsfaktoren im Zeitablauf nicht verändern und sich der Bedarf an diesen Produktionsfaktoren immer im gleichen Verhältnis zur Zahl der Instandhaltungsstunden entwickelt. Damit wird also im Grunde ein homogenes "Bündel" an Produktionsfaktoren der Instandhaltung je Instandhaltungsstunde unterstellt. Daß dies nicht gerechtfertigt ist, wird sofort deutlich, wenn man beispielsweise berücksichtigt, daß vielfach aus der Sicht der Technik sowohl ausbessernde als auch austauschende Reparaturen möglich sind, die völlig unterschiedliche Faktorverbräuche zur Folge haben. Darüber hinaus sind die Kosten für die Verbrauchsgüter der Instandhaltung auch davon abhängig, in welchem Umfang und nach welcher Strategie diese bevorratet werden; auch dies findet bei der angesprochenen Methode der Kostenplanung keine Beachtung.

Alle bisher beschriebenen Ansätze zur Planung der Instandhaltungskosten gehen in irgendeiner Form von Vergangenheitswerten für die Instandhaltungskosten aus und extrapolieren diese auf unterschiedliche Weise in die Planungsperiode. Hierbei wird jedoch übersehen, daß die Instandhaltungskosten nicht zwangsläufig in einer bestimmten Abhängigkeit zu einer Bezugsgröße, wie z. B. den Betriebsstunden der Anlagen, anfallen, sondern vor allem davon abhängig sind, wie die Instandhaltungsablaufplanung gestaltet wird, welcher Verschleißverlauf für die Planungsperiode zu erwarten ist und wovon dieser bestimmt wird sowie - was bisher generell vernachlässigt ist - welche nachteiligen wirtschaftlichen Auswirkungen mit dem Verschleiß der Anlagen verbunden sind.

Insbesondere unter ökonomischen Gesichtspunkten ist zu fordern, die nachteiligen erfolgswirtschaftlichen Konsequenzen aus dem Anlagenverschleiß bei der Planung der Instandhaltung und der Instandhaltungskosten zu berücksichtigen. Erst durch sowohl die ökonomisch relevanten Verschleißwirkungen einerseits als auch die Instandhaltungskosten andererseits einbeziehende Wirtschaftlichkeitsrechnungen wird eine fundierte bedarfsorientierte Planung der Instandhaltungskosten möglich, deren grundsätzlicher Aufbau im folgenden Abschnitt aufgezeigt wird.

B Instandhaltungsbedarfsplanung als Grundlage der Planung und Kontrolle der Instandhaltungskosten

I. Begriff und Wesen des Instandhaltungsbedarfs

Ein wesentlicher Ansatzpunkt für eine aussagefähigere Planung der Instandhaltungskosten ist vor allem in einer Intensivierung der Planung der Struktur und Entwicklung des Instandhaltungsbedarfs zu sehen. Dies setzt zunächst eine Präzisierung des Begriffs "Instandhaltungsbedarf" hinsichtlich dessen Inhalt und Umfang voraus. Ersteres erfordert insbesondere eine Abgrenzung des Bedarfs vom "Bedürfnis" auf der einen und von der "Nachfrage" auf der anderen Seite. Die Erläuterung des Begriffumfangs hat demgegenüber darauf abzustellen, welche Komponenten der Instandhaltungsbedarf umfaßt bzw. umfassen kann.

Wenngleich der Bedarf in der Regel nicht mit dem Bedürfnis identifiziert wird, sind zuweilen doch Begriffsbildungen anzutreffen, die nur graduelle Unterschiede erkennen lassen. Dies ist etwa dann der Fall, wenn der Bedarf als Summe der Befürfnisse[60] oder - etwas enger - als Zusammenfassung gleichartiger Bedürfnisse[61] verstanden wird.
Zumeist differenziert man jedoch deutlicher zwischen beiden Begriffen. Dabei ordnet man generell das Bedürfnis als dem Bedarf vorgelagert ein und definiert es überwiegend als "...das Gefühl eines Mangels, verbunden mit dem Streben, ihn zu beseitigen..."[62].

---

60) Vgl. so GABLERS Wirtschaftslexikon, erster Band, hrsg. von R. SELLIEN und H. SELLIEN, 9. Aufl., Wiesbaden 1976, Sp. 529.
61) Vgl. von GOTTL-OTTILIENFELD, Friedrich: Bedarf und Deckung, Jena 1928, S. 1f..
62) SCHERHORN, Gerhard: Bedürfnis und Bedarf, Berlin 1959, S. 21; nach seinen Angaben geht diese Definition zurück auf HERMANN, Friedrich B. W.: Staatswirtschaftliche Untersuchungen, München 1832. Vgl. zu ähnlichen Begriffsfassungen z. B. HÄUSER, Karl: Bedürfnis, Bedarf, Gut, Nutzen, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, hrsg. von Erwin GROCHLA und Waldemar WITTMANN, 4. Aufl., Bd. I/1, Stutt-
Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Ein Bedarf entsteht demgegenüber erst durch die Orientierung des Bedürfnisses an einem konkreten Objekt und einer bestimmten Verhaltensabsicht im Hinblick auf dieses Objekt[63]. Objekte, auf die sich die Verhaltensabsicht richten kann, sind neben den vielfach im Vordergrund stehenden Sachgütern auch Arbeits- und Dienstleistungen sowie Rechte und Informationen[64]. Die Verhaltensabsicht besteht darin, Verfügung über das (die) betreffende(n) Objekt(e) zu erlangen[65]. Insofern kann ein Bedarf sowohl eine Beschaffung[66] auslösen, als auch die Absicht beinhalten, die betreffenden Güter oder Leistungen teilweise oder vollständig selbst herzustellen. Dies führt dann in der Regel zur Entstehung eines weiteren, aber möglicherweise gänzlich anderen Bedarfs. Allerdings ist nicht jeder Bedarf aus einem Bedürfnis abzuleiten, sondern

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
gart 1974, Sp. 449-463, hier Sp. 449; TIBURTIUS, J.: Der Begriff des Bedürfnisses, seine psychologische Grundlage und seine Bedeutung für die Wirtschaftswissenschaften, in: Jahrbuch für Nationalökonomie und Statistik, 1o3. Bd., 1914, S. 721-79o, hier S. 724; SCHNUTENHAUS, O. R.: Absatzpolitik und Unternehmensführung, Freiburg 1961, S. 222; GEYER, Thomas: Der Prozeß der Bedarfsgestaltung in industriellen Unternehmungen, Berlin 197o, S. 18.

63) Während man einerseits davon ausgeht, daß vor allem die Orientierung an einem bestimmten Objekt bedarfskonstituierend sei (vgl. so SCHERHORN, G.: Bedürfnis, S. 85), wird andererseits die Meinung vertreten, daß auch schon ein Bedürfnis auf ein konkretes Objekt gerichtet sein könne und erst die Absicht, dieses bereitzustellen, zu einem Bedarf führe (vgl. so GEYER, T.: Bedarfsgestaltung, S. 16.

64) Eine ähnlich weite Auffassung vertritt GEYER, T.: Bedarfsgestaltung, S. 13.

65) Vgl. ebenda, S. 17.

66) Vgl. zum Begriff der Beschaffung auführlich MÄNNEL, Wolfgang: Unterlagen zur Lehrveranstaltung Fertigungswirtschaft IV - Industrielle Beschaffungs- und Materialwirtschaft, Dortmund 198O, S. 9-41 und die dort angegebene Literatur; vgl. insbesondere auch GROCHLA, Erwin - KUBICEK, Herbert: Zur Zweckmäßigkeit und Möglichkeit einer umfassenden betriebswirtschaftlichen Beschaffungslehre, in: ZfbF, 28. Jg. (1976), Heft 5, S. 257-275.

kann auch auf andere Entstehungsursachen zurückzuführen sein[67]. Insbesondere in Industriebetrieben resultiert ein Bedarf in der Regel weniger aus einem Bedürfnis als einem eher "leibseelischen Phänomen"[68]. Vielmehr entsteht er aufgrund der Erkenntnis, daß für die Erfüllung der Unternehmensziele bestimmte Güter benötigt werden. Dabei darf man jedoch nicht übersehen, daß auch in Unternehmen in aller Regel Menschen Entscheidungen treffen, die nicht allein aufgrund verstandesmäßiger Einsichten gefällt werden. Oft werden auch durch deren Bedürfnisse Bedarfe mitbestimmt, wie etwa dann, wenn die persönliche Risikoneigung des Entscheidenden eine Rolle spielt. Dennoch soll hier davon ausgegangen werden, daß die Bedarfsentstehung vornehmlich in der Erkenntnis der Sachlogik eines Zusammenhangs begründet ist. So kann der Anlaß für die Entstehung eines Instandhaltungsbedarfs die Überlegung sein, daß der zu wirtschaftlichen Nachteilen führende Verschleiß von Anlagen unter anderem[69] eben auch durch eine entsprechende Instandhaltung bekämpft werden kann.

Die Existenz von Bedürfnissen, Erkenntnissen und sonstigen Entstehungsursachen des Bedarfs führt jedoch nicht zwangsläufig zu einer Umsetzung in einen entsprechenden Bedarf. Hierzu ist vielmehr auf der Ebene der Bewußtseins- und Willensbildung bzw. in einem Entscheidungs-

---

67) Vgl. so auch SCHERHORN, G.: Bedürfnis, S. 91: "Nicht alle Bedürfnisregungen werden zu Bedarfen und nicht jede Bedarfsdeckung dient der Befriedigung eines Bedürfnisses. Das Bedürfnis kann zwar weitgehend distanziert und versachlicht werden, ... aber es bleibt bei alledem ein psychisches Phänomen mit Anmutungserlebnis und Antriebskräften, kann also niemals - es sei denn sekundär - zur Motivierung mechanischen Gewohnheiten oder gefühlsentleerter, technischen Anweisungen folgender Handlungen dienen." Dementsprechend unterscheidet SCHERHORN den bedürfnisvon dem zweckbedingten Bedarf.

68) GEYER, T.: Bedarfsgestaltung, S. 18.

69) Außer der Instandhaltung können hierzu auch andere im Rahmen der Anlagenwirtschaft zu planende Maßnahmen (z. B. Anlagenverbesserung, Anlagenausmusterung und Anlagenersatz) herangezogen werden.

prozeß abzuwägen, ob sich durch eine bestimmte Verhaltensabsicht die Beseitigung eines konkreten Mangels erreichen läßt. Erst dann wird die Verhaltensabsicht entweder verworfen oder in einen Bedarf, also eine bestimmte objektorientierte Handlungsabsicht überführt[7o].

Führt ein solcher Entscheidungsprozeß zur Entstehung eines Instandhaltungsbedarfs, identifiziert man diesen vielfach mit der Absicht, Instandhaltungsleistungen bereitzustellen[71]. Dies läßt sich möglicherweise damit erklären, daß einerseits der Begriff Instandhaltungsbedarf aus etymologischer Sicht in erster Linie auf Aktivitäten Bezug nimmt und andererseits die Planung der Instandhaltungsleistungen ein in besonderem Maße instandhaltungsspezifisches Problem ist.

Zur Konkretisierung dieses Bedarfs ist anzugeben, für welches Instandhaltungsobjekt[72] in welcher Art und Qualität, in welchem Umfang und zu welchen Zeitpunkten Instandhaltungsleistungen benötigt werden. Mit Hilfe dieser Merkmale läßt sich das Bedarfsobjekt Instandhaltungsleistungen hinreichend beschreiben. Will man zusätzlich die beabsichtigte Handlung, das Bereitstellen der Lei-

---

7o) Vgl. ähnlich SCHERHORN, G.: Bedürfnis, S. 89.

71) Vgl. z. B. HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 156f.; MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 86; BECKMANN, Gottfried - MARX, Dieter: Instandhaltung von Anlagen, Leipzig 1978, S. 145; BRAUN, Eugen: Technische und betriebswirtschaftliche Grundlagen für die Bemessung einer zentralen Reparaturwerkstatt, Diss. Leoben 1976, S. 17f.; KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 16o; GEBHARDT, Dieter: Planung der Instandhaltungsleistung, in: Instandhaltung chemischer und artverwandter Industrieanlagen, hrsg. von Gerhard MILDNER, Berlin 1969, S. 2o5-238, hier S. 2o6f.

72) Dies betont zu Recht insbesondere KÜPPER (W.: Planung der Instandhaltung, S. 142), der die Angabe des Teils oder Teilsystems, auf das sich die Instandhaltungsaktion bezieht, zur Voraussetzung einer eindeutigen Beschreibung dieser Instandhaltungsleistung macht. Dies leuchtet unmittelbar ein, wenn man etwa an die völlig unterschiedlichen Leistungen "Auswechseln eines Motors" und "Auswechseln eines (Licht-)Schalters" denkt.

stungen spezifizieren, löst dies einen weiteren Bedarf aus. Denn die Bereitstellung (Ausführung) von Instandhaltungsleistungen macht ihrerseits die Bereitstellung bzw. Inanspruchnahme von Produktionsfaktoren der Instandhaltung notwendig[73]. Ebenso wie der Bedarf an Instandhaltungsleistungen ist der Bedarf an Produktionsfaktoren im einzelnen im Hinblick auf seine art-, qualitäts- und mengenmäßige sowie zeitliche Struktur zu präzisieren.

Aufgrund der engen Verbindung zwischen dem Bedarf an Instandhaltungsleistungen und dem zu seiner Deckung erforderlichen Bedarf an Produktionsfaktoren der Instandhaltung erscheint es zweckmäßig, den "Instandhaltungsbedarf" als umfassenden Begriff für diese beiden abgestuft zu konkretisierenden Komponenten zu verwenden.

Der Bedarf, der sich aus der Planung der Instandhaltungsleistungen und der Bereitstellung bzw. Inanspruchnahme der Produktionsfaktoren der Instandhaltung ergibt, ist allerdings noch nicht endgültig festgelegt; er trägt zunächst vielmehr potentiellen Charakter. Ein effektiver Bedarf entsteht erst dann, wenn der potentielle Bedarf mit den verfügbaren finanziellen Mitteln, Kapazitäten und sonstigen möglicherweise restriktiv wirkenden Ressourcen konfrontiert und gegebenenfalls entsprechend geändert worden ist[74].

Der effektive Instandhaltungsbedarf darf seinerseits jedoch noch nicht mit der Nachfrage nach Instandhaltungsleistungen bzw. Produktionsfaktoren gleichgesetzt werden[75]. Diese ergibt sich nämlich erst nach dem Vergleich

---

73) Vgl. z. B. MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 1o3f.; HOFFMANN, Konrad: Instandhaltungsgerechte Projektierung und Konstruktion, in: Instandhaltung chemischer und artverwandter Industrieanlagen, hrsg. von Gerhard MILDNER, Berlin 1969, S. 181-2o4, hier S. 184f.

74) Vgl. hierzu auch die allerdings bezüglich des Bedarfs allgemein getroffenen Aussagen bei SCHERHORN, G.: Bedürfnis, S. 89.

75) GEYER (T.: Bedarfsgestaltung, S. 2O) geht demgegenüber davon aus, daß sie praktisch identisch sind: "Bildlich gesprochen stehen Bedarf und Nachfrage an der Nahtstelle zwischen Unternehmung und Markt Rücken an Rücken."

des Bedarfs an Repetierfaktoren mit den vorhandenen Lagervorräten und den Eigenfertigungsabsichten; die Nachfrage nach Potentialfaktoren ist von den vorhandenen Kapazitäten, den Möglichkeiten ihrer Nutzung und den Wahlmöglichkeiten zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung abhängig.

Der sich effektiv einstellende "Verbrauch" an Produktionsfaktoren bzw. die tatsächlich ausgeführten Instandhaltungsleistungen sollen mit dem Oberbegriff des "Instandhaltungsvolumens" erfaßt werden.

II. Aufgaben, Phasen und Struktur der bedarfsorientierten Instandhaltungskostenplanung

Ein Instandhaltungsbedarf entsteht grundsätzlich aus der Erkenntnis, daß man die Instandhaltung als wirksames Instrument zur Vermeidung bzw. Reduzierung der wirtschaftlich nachteiligen Konsequenzen des Verschleißes von Anlagen einsetzen kann. Insofern liegt es nahe, sich bei der näheren Bestimmung des Instandhaltungsbedarfs an diesem "Nutzen" der Instandhaltung zu orientieren. Verfehlt wäre allerdings die daraus möglicherweise resultierende Absicht, das Eintreten erfolgswirtschaftlich relevanter Verschleißwirkungen weitgehendst oder sogar vollständig verhindern zu wollen. Dabei würde man nämlich nicht berücksichtigen, daß die Instandhaltung Kosten verursacht und eine solch intensive Instandhaltung daher nur auf einem entsprechend hohen Instandhaltungsniveau zu verwirklichen ist[76]. Infolgedessen ist der Instand-

---

76) Allerdings muß man davon ausgehen, daß die Instandhaltungskosten bzw. die Wirtschaftlichkeit der Instandhaltung nicht immer gleich bedeutsam sind. So stehen in manchen Bereichen - wie etwa bei militärischen Anlagen - die Zuverlässigkeit bzw. die jederzeitige Einsatzbereitschaft (fast ausschließlich) im Vordergrund. Selbst dann ist jedoch zu beachten, daß diese Ziele auch bei einem sehr hohen Instandhaltungskostenniveau nicht allein durch diese er-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

haltungsbedarf so zu planen, daß Nutzen und Kosten der Instandhaltung in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander stehen.

Die erfolgreiche Bewältigung dieser Aufgabe hat zur Voraussetzung, daß zunächst die einzelnen Teilpläne der Planung der Instandhaltungskosten in ihrem Zusammenwirken beschrieben werden. Dabei steht im folgenden die Darstellung der periodenbezogenen[77)] Planung der Instandhaltungskosten im Vordergrund. Zu deren Erstellung ist im Anschluß an die (langfristig ausgerichtete, auf einzelne Instandhaltungsobjekte abstellende) Planung der Instandhaltungspolitik im einzelnen insbesondere einzugehen auf

- die periodenbezogene Planung des Instandhaltungsprogramms (Planung des Bedarfs an Instandhaltungsleistungen),
- die periodenbezogene Instandhaltungsablaufplanung und
- die periodenbezogene Planung des Verbrauchs- bzw. Einsatz-(und Bereitstellungs-)Bedarfs an Produktionsfaktoren der Instandhaltung (Planung des Mengengerüstes der Instandhaltungskosten),

an die sich dann

- die periodenbezogene Planung der Bereitstellung bzw. des Einsatzes der Produktionsfaktoren der Instandhaltung und
- die periodenbezogene Planung des Wertgerüstes der Instandhaltungskosten (i. e. S.)

anschließen.

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
reichbar sind. Dies liegt vor allem darin begründet, daß sowohl das Eintreten des Verschleißes selbst als auch der relevanten Verschleißwirkungen, die sich hier vornehmlich in einem teilweisen oder vollständigen Verlust der Einsatzbereitschaft und Sicherheit niederschlagen, zum Teil allein vom Zufall abhängig sind. Will man dennoch eine weitestgehende Einsatzbereitschaft und Sicherheit gewährleisten, läßt sich dies nur mit zusätzlichen anderen Maßnahmen, wie etwa dem Einbau von Redundanzelementen, verwirklichen.

77) Demgegenüber kann sich die Planung der Instandhal-
Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Im Rahmen der periodenbezogenen Planung des Instandhaltungsprogramms als dem ersten Teilplan der periodenbezogenen Instandhaltungskostenplanung sind Art und Anzahl der in der Planperiode auszuführenden Instandhaltungsleistungen festzulegen. Mit der Durchführung dieser Leistungen verfolgt man das (Sach-)Ziel, der verschleißbedingten Veränderung der Eigenschaften von Anlagen entgegenzuwirken. Dies läßt sich erreichen, indem man einerseits das Eintreten zu erwartender Veränderungen der Eigenschaften verhindert oder deren weiteres Fortschreiten hemmt und andererseits einen bereits eingetretenen Verschleiß wieder beseitigt.

Insbesondere für die Planung der Maßnahmen zur Verschleißbeobachtung, -hemmung und -beseitigung muß man sich daher zunächst die zumindest annähernd genaue Kenntnis der Verschleißprozesse verschaffen. Dazu sind die Bestimmungsfaktoren für die Art(en) und Ursache(n) des normalen[78] Verschleißes sowie seinen Verlauf (Art und Geschwindigkeit des Verschleißfortschritts) herauszuarbeiten. Dabei wäre es allerdings wenig zweckmäßig, die Verschleißanalyse für eine komplexe, aus einer Vielzahl einzelner Ele-

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
tungskosten und des Instandhaltungsbedarfs etwa auch auf die Nutzungsdauer einer Anlage beziehen (z. B. im Rahmen von Investitionsrechnungen).

78) Ein - im Gegensatz zum normalen, prinzipiell voraussehbaren bzw. prognostizierbaren - außergewöhnlicher, unvorhersehbarer Verschleiß läßt sich im Rahmen einer geplanten Instandhaltung nicht, zumindest nicht dem Eintreten eines bestimmten Verschleißniveaus vorbeugend, bekämpfen. Hierzu sind vielmehr andere Möglichkeiten, wie etwa die Bereitstellung von Reserveanlagen, der Einbau von Redundanzelementen in die Anlagen und dergl., vorzusehen. Vgl. dazu z. B. ZEEP, Wolfgang: Redundanz - ein Mittel zur Steigerung der Zuverlässigkeit von technischen Systemen, in: Operations Research und Datenverarbeitung bei der Instandhaltungsplanung, hrsg. von Karl F. BUSSMANN und Peter MERTENS, Stuttgart 1968, S. 83-1o2.

mente bestehende Anlage global durchführen zu wollen. Dies hätte nämlich zur Folge, daß man auf eine Reihe wichtiger, für die Leistungsplanung relevanter Informationen verzichten müßte. Denn bei einem solchen Vorgehen lassen sich keine Aussagen darüber gewinnen, welche Verschleißart und welche Verschleißursache wann zum Erreichen eines bestimmten Verschleißniveaus - im Extrem zu einem Ausfall - führen werden. Schon die Erfassung des zu einem konkreten Zeitpunkt erreichten Verschleißniveaus einer Anlage selbst wird in der Regel unmöglich, weil sich die jeweilige stofflich-technische Beschaffenheit der Anlage aus einer Vielzahl kaum vergleichbarer, heterogener Verschleißniveaus ihrer einzelnen Elemente ergibt[79]. Abgesehen von dieser Problematik läßt sich auch der Zeitpunkt für das Erreichen eines bestimmten Verschleißniveaus - wenn überhaupt[80] - kaum zutreffend prognostizieren, da sich die Verschleißprozesse der einzelnen Anlagenelemente auf zum Teil sehr komplizierte Weise überlagern.

Diese Überlegungen zeigen bereits, daß die Verschleißanalyse auf die einzelnen Anlagenelemente bezogen durchzuführen ist[81]. [82] Diese Forderung ist auch dann auf-

---

79) Das Problem mangelnder Isolierbarkeit der verursachenden Faktoren bleibt auch dann bestehen, wenn man statt auf das Verschleißniveau selbst etwa auf Auswirkungen des Verschleißes - wie z. B. eine qualitative Verschlechterung des Outputs oder eine nachteilige Veränderung der Input-Output-Relation - abstellt.

80) Unmöglich wird dies oft deshalb, weil die Wahrscheinlichkeitsverteilung für das Verschleiß- bzw. Ausfallverhalten einer (komplexen) Anlage verhältnismäßig schnell mit zunehmender Zahl ihrer Elemente gegen eine Exponentialverteilung strebt, bei der die Wahrscheinlichkeit für das Erreichen eines bestimmten Verschleißstadiums zu jedem Zeitpunkt - unabhängig davon, wann die letzte Instandhaltungsmaßnahme durchgeführt wurde - gleich hoch ist (vgl. hierzu ausführlicher den Abschnitt A IV. des vierten Kapitels dieser Arbeit).

81) Wieweit man dabei die Anlagen untergliedert, ist in einer Wirtschaftlichkeitsrechnung zu klären, da man mit zunehmender Zerlegungstiefe einer Anlage zwar immer mehr bzw. detailliertere Informationen mit einem für die Instandhaltung wachsenden Nutzen gewinnen

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

rechtzuerhalten, wenn man sich unter Beachtung der Wirtschaftlichkeit der Informationsbeschaffung oder wegen mangelnder Sicherheit oder Beschaffbarkeit der Informationen auf die Ermittlung von Wahrscheinlichkeitsverteilungen für die Verschleißentwicklung bzw. das Ausfallverhalten der Instandhaltungsobjekte beschränken will oder muß. Im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit der Verschleißanalyse wird man allerdings vielfach davon ausgehen können, daß selbst vergleichsweise intensive Maßnahmen zur Informationsgewinnung wirtschaftlich sind. Dies läßt sich vor allem damit begründen, daß solche Untersuchungen oft nur einmal für die gesamte Lebensdauer einer Anlage durchzuführen sind[83] bzw. durch (ohnehin) laufend neu hinzukommende Informationen ergänzt werden können. Dies verdeutlicht gleichzeitig, daß die Verschleißanalyse nicht für jede periodenbezogene Planung des Instandhaltungsprogramms gesondert vorzunehmen ist, sondern Gegenstand einer der laufenden Planung vorgelagerten Untersuchung ist bzw. zumindest teilweise sein kann.

Die durch die Verschleißanalyse gewonnenen Informationen über den Verschleißprozeß der Instandhaltungsobjekte bieten allein allerdings noch keine hinreichende Grundlage für die Planung der Art und Anzahl der Instandhaltungsleistungen. Selbst aus der sicheren Kenntnis von

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
kann, dafür aber steigende Informationskosten in Kauf nehmen muß.

82) Eine solche Verschleißanalyse kann gleichzeitig dazu dienen, eine auf die Herstellung der Anlagen(elemente) - ihre Konstruktion und die verwendeten Materialien - zurückzuführende mangelnde Widerstandsfähigkeit zu erkennen und dann z. B. durch Anlagenverbesserungsmaßnahmen zu beheben.

83) Dies setzt allerdings voraus, daß bei einem Austausch von Teilen wieder identische Teile eingebaut werden, daß keine Anlagenverbesserungsmaßnahmen vorgenommen werden, daß die Instandhaltungsobjekte bzw. die Anlage keiner anderen Verwendung zugeführt werden und ähnliche auf die Eigenschaften der Anlage Einfluß nehmende Veränderungen ausgeschlossen sind. Sofern diese Bedingungen nicht erfüllt sind, müßten die jeweiligen Änderungen entsprechend berücksichtigt werden.

Art, Ursache und Verlauf des Verschleißes eines Instandhaltungsobjektes könnte man noch keine Aussage ableiten, in welchem Stadium des Verschleißprozesses welche Instandhaltungsleistung auszuführen ist. Um eine solche Entscheidung treffen zu können, muß nämlich bekannt sein, welches Formalziel mit der Instandhaltung verfolgt wird und wie das Erreichen dieser Zielsetzung von der Einflußnahme der Instandhaltung auf den Verschleiß abhängt.

Diese Voraussetzungen zu schaffen, erfordert ein in mehrfacher Hinsicht sorgfältiges Vorgehen. Schon die Festlegung des Ziels der Instandhaltung ist nicht unproblematisch. So kann insbesondere seine Fixierung etwa als "Minimierung der Instandhaltungskosten"[84] zu Fehlentscheidungen bei der Instandhaltungs(programm-)planung führen. Denn ein solches Vorgehen würde die (Wechsel-)Beziehungen der Instandhaltung zu anderen Aufgabenfeldern der Anlagenwirtschaft und zu den weiteren Unternehmensbereichen[85] vernachlässigen. Als Konsequenz ergäben sich zwar vergleichsweise niedrige Instandhaltungskosten. Diesen stünden aber durch die Instandhaltung vermeidbare Nachteile[86] in den anderen Teilbereichen der Anlagenwirtschaft und des Unternehmens gegenüber. Insofern ist das Ziel der Instandhaltung nicht isoliert, sondern als Bestandteil des für die Anlagenwirtschaft insgesamt aufzustellenden Zielbündels zu formulieren bzw. aus einem anlagenwirtschaftlichen Oberziel abzuleiten, das seinerseits in die gesamtunternehmerische Zielsetzung eingebettet sein muß.

Diese Überlegungen zeigen, daß die Instandhaltung streng genommen simultan mit allen anderen Unternehmensbereichen zu planen ist. Da diese Forderung als (zumindest zur

---

84) Vgl. so etwa MERTENS, P.: Die gegenwärtige Situation, S. 810.
85) Vgl. hierzu ausführlich den Abschnitt A des ersten Kapitels dieser Arbeit.
86) Vgl. im einzelnen hierzu die Ausführungen im Abschnitt D des dritten Kapitels dieser Arbeit.

Zeit noch) unerfüllbar angesehen werden muß, ist eine andere, operable Vorgehensweise zu wählen. Diese könnte etwa darin bestehen, zunächst eine langfristig ausgerichtete Grobabstimmung der Instandhaltung mit den anderen Teilbereichen des Unternehmens vorzunehmen. Hierzu sind vor allem Basisentscheidungen über alternativ bzw. gemeinsam mit der Instandhaltung zu realisierende Möglichkeiten der Bekämpfung des Verschleißes und/oder der Verschleißwirkungen zu treffen[87]. Die durch diese Entscheidungen gebildete Rahmenkonstellation ist dann durch mittel- und kurzfristig zu verwirklichende Maßnahmen in Form einer überlappenden Planung sukzessiv zu verfeinern, gegebenenfalls aber auch aufgrund sich nachhaltig einstellender Rückwirkungen entsprechend zu revidieren. Auf dieser Grundlage läßt sich als Ziel für die Instandhaltung die Forderung formulieren, dem Verschleiß der Anlagen(elemente) so entgegenzuwirken, daß Instandhaltungskosten und (erfolgswirtschaftlich relevante nachteilige) Verschleißwirkungen insgesamt ein Minimum annehmen[88].

Die Instandhaltungsleistungen so einzuplanen, daß dieses Ziel - bezogen auf die Nutzungsdauer der Anlagen - erreicht wird, ist Aufgabe der Festlegung der Instandhal-

---

87) Solche Entscheidungen betreffen also beispielsweise im Bereich der Anlagenwirtschaft die Wahl der Dimensionierung von Anlagen - speziell etwa die Wahl zwischen der Bereitstellung einer komplexen Anlage mit einer erheblichen Kapazität und (der Parallelschaltung von) mehreren kleineren Anlagen. Im Absatzbereich könnten etwa entsprechende Lager vorgesehen werden. Im Produktionsbereich könnte die Möglichkeit geschaffen werden, den Fertigungsfluß (bei Ausfall einer Anlage) "umlenken" zu können. Der Beschaffungsbereich schließlich hätte etwa zu prüfen, inwieweit Möglichkeiten für einen kurzfristigen Fremdbezug von Zwischen- oder Endprodukten geschaffen werden können.

88) Diese Zielsetzung gilt allerdings nur für solche Unternehmen, die ein Erfolgsziel verfolgen. Stehen andere Ziele im Vordergrund - wie etwa im militärischen Bereich die jederzeitige Verfügbarkeit aller oder eines bestimmten Teils der Anlagen - wäre eine entsprechende andere Zielformulierung zu wählen.

tungspolitik. Die Bewältigung dieser Aufgabe setzt Informationen über die Bestimmungsfaktoren für Art, Ausmaß, Struktur und Entwicklung der Verschleißwirkungen einerseits und der Instandhaltungskosten andererseits voraus. Für die Instandhaltungspolitikplanung ist dabei von besonderer Bedeutung, wie diese beiden erfolgswirtschaftlich relevanten Größen vom Verschleißniveau der Instandhaltungsobjekte abhängen[89].

Stark vereinfacht kann man davon ausgehen, daß die Verschleißwirkungen mit dem Ausmaß des Verschleißes ebenfalls zunehmen. Im einzelnen kann sich dieser Zusammenhang allerdings sehr unterschiedlich darstellen, was jedoch erst später detailliert behandelt werden soll[90]. Im Hinblick auf die Instandhaltungskosten läßt sich eine ähnlich prinzipielle Abhängigkeit vom Verschleißstadium nicht feststellen, wie dies insbesondere auf austauschende Reparaturen oder Inspektionen zutrifft. Die Instandhaltungskosten sind weniger unmittelbar vom Verschleißstadium als vielmehr von der Art bzw. dem Arbeitsinhalt der jeweiligen Leistung und der besonderen Art und Weise ihrer Durchführung, so vor allem von dem angewandten Instandhaltungsverfahren, abhängig, wenngleich dies wiederum teilweise auch vom Verschleißniveau beeinflußt wird.

Bei der Planung der Zahl der Instandhaltungsleistungen für ein Instandhaltungsobjekt kann man somit tendenziell

---

89) Daß die Verschleißwirkungen und Instandhaltungskosten von einer Vielzahl anderer Faktoren beeinflußt werden, geht bereits aus den obigen Ausführungen hervor. An dieser Stelle kann auf eine eingehendere Untersuchung verzichtet werden; siehe zu den Verschleißwirkungen auch den Hinweis in Fußnote 86) auf der Seite 153.

90) Vgl. hierzu auch den Abschnitt D des dritten Kapitels dieser Arbeit. Zu bedenken ist hier vor allem auch, daß dieser Zusammenhang niemals in "reiner" Form erfaßbar ist. Dies ist vor allem auf den "störenden" Einfluß der Überlagerung durch die anderen Bestimmungsfaktoren der Verschleißwirkungen (z. B. der Anlagenauslastung) zurückzuführen.

davon ausgehen, daß mit zunehmendem Verschleiß die Verschleißwirkungen ebenfalls ansteigen, während die Instandhaltungskosten davon vergleichsweise wenig beeinflußt werden. Je weiter man also jeweils den Verschleißprozeß vor der Durchführung einer Instandhaltungsleistung fortschreiten läßt, umso mehr nehmen zwar die Instandhaltungskosten relativ ab; dagegen wird man aber auch zunehmend wirtschaftlich nachteilige Verschleißwirkungen in Kauf nehmen bzw. mit deren Eintreten rechnen müssen. Anders formuliert wachsen die Instandhaltungskosten mit zunehmender Zahl der Instandhaltungsleistungen, während gleichzeitig die (zu erwartenden) Verschleißwirkungen sinken. Diese beiden gegenläufigen Tendenzen so aufeinander abzustimmen, daß die Summe aus Verschleißwirkungen und Instandhaltungskosten insgesamt ein Minimum annimmt, ist Ziel der Festlegung der Instandhaltungspolitik. Dabei muß man allerdings berücksichtigen, daß die einzelnen Arten von Instandhaltungsleistungen teilweise substituierbar sind. Das bedeutet, daß etwa anstelle vergleichsweise häufiger Verschleißbeseitigungsmaßnahmen auch eine Intensivierung der Verschleißhemmung vorgenommen werden kann, die dann zu einer Verringerung der möglicherweise kostenintensiveren Verschleißbeseitigungsmaßnahmen führt. Zusätzlich ist zu beachten, daß die Abstimmung der für die einzelnen Instandhaltungsobjekte isoliert festgelegten Instandhaltungspolitiken zu einer insgesamt (für alle Objekte) geringeren Summe aus Verschleißwirkungen und Instandhaltungskosten führen kann.

Entscheidungen hierüber können einerseits jedoch detailliert zu einem großen Teil erst im Rahmen der kurzfristigen (Ablauf- und Bereitstellungs-)Planung getroffen werden. Andererseits nimmt die (objektbezogene) langfristig ausgerichtete[91)] Festlegung der Instandhaltungspo-

---

91) Die objektbezogene Festlegung der Instandhaltungspolitik bedeutet dabei nicht, daß das konkrete Anlagenelement während der gesamten Nutzungsdauer der Anlage deren Bestandteil bleiben muß, denn diese Be-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

litik ihrerseits wiederum Einfluß auf diese kurzfristigen Teilpläne. Daher ist auch hier eine simultane Planung anzustreben. Entschließt man sich angesichts der damit verbundenen Schwierigkeiten zunächst zu einer sukzessiven Planung, kann die Instandhaltungspolitik nur auf Basis geschätzter bzw. erwarteter Werte für die Instandhaltungskosten und Verschleißwirkungen festgelegt werden. Im Rahmen der kurzfristigen Instandhaltungsprogrammplanung müssen diese dann entsprechend differenzierter berücksichtigt werden.

Die periodenbezogene Planung des Instandhaltungsprogramms basiert in erster Linie auf den für die einzelnen Instandhaltungsobjekte langfristig festgelegten Instandhaltungspolitiken. Denn diese liefern wichtige Informationen über Art und Anzahl der in der Planperiode insgesamt auszuführenden Instandhaltungsleistungen. Im einzelnen hängt deren Planbarkeit allerdings von dem Grad der Sicherheit der aus den unterschiedlichen Instandhaltungspolitiken zu gewinnenden Informationen ab. Diese werden umso sicherer, je weniger man die Instandhaltungspolitik auf den Verschleiß oder die Verschleißwirkungen selbst bezogen formuliert[92]. Besondere Probleme bereitet

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
dingung wäre nach einem Austausch (gegen ein identisches Teil) oder sogar nach einer Ausbesserung nicht mehr erfüllt. Die Instandhaltungspolitik richtet sich vielmehr auf die Erhaltung bzw. Wiederherstellung der Eigenschaften der Art bzw. des Typs des betreffenden Instandhaltungsobjektes. Insofern bleibt es auch nach einem (identischen) Austausch bzw. einer Ausbesserung erhalten und unterliegt dann wieder c. p. dem gleichen Verschleißprozeß wie vor der verschleißbeseitigenden Maßnahme.

92) So stehen Art und Anzahl der geplanten Leistungen fest, wenn der Instandhaltungsprogrammplanung eine auf die Kalenderzeit bezogen formulierte Instandhaltungspolitik zugrunde liegt; diese mag beispielsweise lauten: "Beseitigung der verschmutzungs(ablagerungsverschleiß-)bedingten Verengung des Querschnitts der Rohrleitung... nach jeweils drei Monaten." Demgegenüber sind Art und Anzahl der Leistungen erheblich schwerer zu ermitteln, wenn die Instandhaltungspolitik unmittelbar auf den Verschleiß abstellend etwa lautete: "Inspektion des Querschnitts der Rohrleitung...zu sequentiell (in Ab-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

dabei auch die Prognose der Zahl jener Leistungen, die ausfallschadensbedingt notwendig werden; die Art dieser Leistungen läßt sich demgegenüber insbesondere dann, wenn man auf einzelne Anlagenelemente abstellt, eher planen.

Die Planung des periodenbezogenen Instandhaltungsprogramms erschöpft sich allerdings nicht in der Ermittlung der aufgrund der Instandhaltungspolitiken auszuführenden Art und Anzahl der Instandhaltungsleistungen. Selbst wenn dafür aus den Instandhaltungspolitiken sichere Informationen zu gewinnen sind, hat man nämlich zusätzlich (kurzfristige) Schwankungen der Instandhaltungskosten und Verschleißwirkungen bei der Programmplanung zu berücksichtigen. Denn diese können dazu führen, daß die Struktur der Leistungsarten und die Häufigkeit der Leistungen entsprechend zu verändern sind. Ursächlich dafür mag z. B. eine (vorübergehende) Reduzierung der Schichtzahl in der Produktion sein. Dies kann eine Reduzierung der Zahl der Leistungen auslösen, wenn sich die bei einem Ausfall entstehende Produktionsunterbrechung in einer zusätzlichen Schicht ohne Erlöseinbußen ausgleichen läßt. Eine Verringerung der Zahl der Leistungen kommt allerdings nur dann in Frage, wenn die durch die zusätzliche Schicht entstehenden zusätzlichen Produktionskosten geringer als die ansonsten entgehenden Deckungsbeiträge sind.

Probleme bereitet die Berücksichtigung von Schwankungen der Instandhaltungskosten und Verschleißwirkungen vor allem deshalb, weil diese zum Teil nur sehr kurzfristig auftreten und teilweise auch von der kurzfristigen Planung der Durchführung der Instandhaltung abhängig sind. Da insofern auch die Länge der Planperiode die Instandhaltungsprogrammplanung beeinflußt, bietet es sich an, diese in Form einer überlappenden Planung durchzuführen.

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
hängigkeit vom jeweils bei der letzten Inspektion festgestellten Verschleißniveau) zu planenden Terminen und Beseitigung der verschmutzungs- (ablagerungs-verschleiß-)bedingten Verengung des Querschnitts der Rohrleitung..., wenn deren Querschnitt...cm beträgt.

An die Programmplanung schließt sich im Rahmen einer sukzessiven Instandhaltungsbedarfsplanung als deren zweiter Teilplan die periodenbezogene Instandhaltungsablaufplanung an[93]. Ihre Aufgabe ist es, das Instandhaltungsprogramm sach- und termingerecht zur Durchführung einzuplanen. Dabei ist die Planung so zu gestalten, daß die Summe der relevanten, also der von der Durchführung des Instandhaltungsprogramms abhängigen Instandhaltungskosten und Verschleißwirkungen minimiert wird. Im einzelnen sind dazu die Instandhaltungsverfahren, die Termine und die Reihenfolge der Ausführung der Instandhaltungsleistungen zu planen.

Eine wichtige Voraussetzung für die Erfüllung dieser Teilaufgaben der periodenbezogenen Instandhaltungsablaufplanung ist die Planung der Durchführung der einzelnen Instandhaltungsleistungen[94], wenngleich diese ihrerseits wiederum von der periodenbezogenen Planung beeinflußt wird. In besonderem Maße trifft dies auf die periodenbezogene Verfahrenswahl zu. Deren Aufgabe ist es, die in der Planperiode einzusetzenden Instandhaltungsverfahren festzulegen. Hierzu muß man jedoch zunächst die Verfahren ausgewählt haben, die für die einzelnen Instandhaltungsleistungen zur Anwendung kommen sollen. Denn von diesen gehen in mehrfacher Hinsicht entweder ganz konkret oder als Mindestanforderungen zu formulierende Ansprüche an die Art und Weise ihrer Durchführung aus, die mit den entsprechenden Merkmalen der bereitstellbaren Verfahren (einschließlich der Fremdinstandhaltung) zu vergleichen sind. Sofern solche Analysen zeigen, daß mehrere Verfahren einsetzbar sind, hat man deren Unterschiede in kosten-, art-, qualitätsmäßiger, zeitlicher und sonstiger Sich zu erfassen, zu bewerten und das jeweils geeignetste Verfahren auszuwählen. Erst wenn man so die für die einzel-

---

93) Auf die Wechselbeziehungen zur periodenbezogenen Programmplanung und die daraus resultierende Forderung nach simultaner Planung beider Bereiche wurde bereits hingewiesen.

94) Sie wird daher in dieser Arbeit im ersten Abschnitt des Kapitels zur (periodenbezogenen) Instandhaltungsablaufplanung behandelt.

nen Leistungen des Instandhaltungsprogramms bestmöglichen Verfahren ermittelt hat, kann man in einer Wirtschaftlichkeitsrechnung festlegen, welche Verfahren für die Planperiode insgesamt bereitzustellen sind. Die Entscheidung für oder gegen ein bestimmtes Verfahren wird dabei vor allem davon abhängig zu machen sein, welche und wieviele Leistungen das betreffende Verfahren in der Planperiode (und gegebenenfalls darüber hinaus) beanspruchen. Wenn auch die jeweilige Zahl der Leistungen aus dem Instandhaltungsprogramm nicht sicher zu ermitteln ist, könnte für eine solche Wirtschaftlichkeitsrechnung doch etwa die Break-Even-Analyse sinnvoll eingesetzt werden. Abhängig von dem Ergebnis dieser Wirtschaftlichkeitsrechnung sind dann die Möglichkeiten der Verfahrenswahl innerhalb der Planperiode gegeben. Allerdings müssen sie nicht endgültig fixiert sein, da in der Regel bestimmte Anpassungsmaßnahmen (z. B. zusätzliche Fremdinstandhaltung) auch kurzfristig zu realisieren sind.

An die periodenbezogene Wahl der Instandhaltungsverfahren schließt sich die periodenbezogene Terminplanung an. Deren Aufgabe ist es, die Durchführungstermine der in der Planperiode auszuführenden Instandhaltungsleistungen festzulegen. Damit schafft man zum einen die Voraussetzung für die rechtzeitige Auslösung von Aktivitäten zur termingemäßen Bereitstellung der benötigten Fremdleistungen. Zum anderen sind die Termine für die selbst auszuführenden Instandhaltungsleistungen festzulegen. Hierzu ist es allerdings notwendig, gleichzeitig auch die Reihenfolge der Durchführung der Instandhaltungsleistungen zu planen[95]. Denn davon werden sowohl die Instandhaltungskosten als auch die in Kauf zu nehmenden Verschleiß-

95) Die Reihenfolgeplanung hat allerdings vielfach auch die Termine für die Ausführung von Fremdleistungen zu berücksichtigen. Dies gilt insbesondere immer dann, wenn für Fremdleistungen sogenannte "Beistellungen" von eigenen Handwerkern und anderen Potentialfaktoren vorgesehen sind.

wirkungen beeinflußt[96].

Probleme treten bei der periodenbezogenen Termin- und Reihenfolgeplanung vor allem deshalb auf, weil zu Beginn der Planperiode noch nicht alle auszuführenden Leistungen im "Auftragsbestand" enthalten sind. Dies ist einerseits darauf zurückzuführen, daß im Laufe der Planperiode ungeplante, ausfallschadensbedingt notwendig werdende Leistungen zusätzlich zu den bereits geplanten Leistungen auszuführen sind. Andererseits kann dies auch durch solche Leistungen verursacht sein, die zwar im Rahmen der Instandhaltungspolitikplanung bereits für das Erreichen eines bestimmten Niveaus des Verschleißes oder der Verschleißwirkungen eingeplant sind, der Zeitpunkt für das Erreichen des Verschleiß-Wirkungs-Niveaus jedoch unbekannt ist. Dieses Problem kann ähnlich für solche Leistungen auftreten, die jeweils nach Ablauf z. B. einer bestimmten Betriebszeit vorgesehen sind, eine detaillierte Produktions- bzw. Anlagennutzungsplanung aber nicht (für die gesamte Planperiode) existiert.

Daher ist es erforderlich, die Termin- und Reihenfolgeplanung "dynamisch", d.h. solche erst im Laufe der Planungsperiode hinzukommenden Leistungen einordnend zu erstellen. Da ein Teil der Leistungen somit nur kurzfristig - nach der Beschaffung entsprechender Informationen (insbesondere auch durch Verschleißbeobachtungsmaßnahmen) - einplanbar ist, bietet es sich an, beiden Aufgaben eine überlappende Planung zugrundezulegen.

An die periodenbezogene Instandhaltungsablaufplanung schließt sich als dritter Teilplan der bedarfsorientierten

---

96) Voraussetzung für die Reihenfolge- und Terminplanung ist dabei, daß die Durchführung der einzelnen Leistungen bereits geplant ist. Denn davon hängt es ab, welche Verfahren - und damit auch welche Produktionsfaktoren an welchem Ort - einzusetzen sind und welcher Zeitbedarf für die Durchführung der einzelnen Leistungen zu berücksichtigen ist.

Instandhaltungskostenplanung die periodenbezogene Planung des Bedarfs an Produktionsfaktoren der Instandhaltung an.

Sie hat zunächst - in einer ersten Phase - die Aufgabe, den Bedarf an den einzelnen Produktionsfaktoren in Abhängigkeit von der periodenbezogenen Planung der Durchführung der Instandhaltungsleistungen zu ermitteln. Dies setzt voraus, daß der Faktorbedarf für eine einzelne Instandhaltungs(teil-)leistung bereits geplant ist[97], was wiederum in gegenseitiger Abstimmung mit der Durchführungsplanung der einzelnen (Teil-)Leistungen erfolgen muß. Auf dieser Basis kann der Faktorbedarf der Planperiode aus der periodenbezogenen Ablaufplanung der Instandhaltung abgeleitet werden. Damit hat man in der Regel jedoch den Bedarf der Planperiode noch nicht vollständig erfaßt. Man muß nämlich beachten, daß die Ablaufplanung vor allem für relativ lange Perioden (z. B. ein Jahr), streng genommen aber auch bezogen auf sehr kurze Zeiträume (z. B. eine Woche, einen Tag oder eine Schicht) nicht alle auszuführenden Leistungen beinhalten muß. Denn prinzipiell kann (können) zu jedem Zeitpunkt des Planungszeitraumes eine (mehrere) insbesondere ausfallschadensbedingt notwendig werdende Leistung(en) zu dem bereits geplanten Auftragsbestand hinzukommen. Dieser Bedarf kann bei der periodenbezogenen Bedarfsermittlung nur durch Schätzungen, Erfahrungswerte oder stochastische Prognosen mit allerdings relativ weiten Toleranzbereichen berücksichtigt werden. Insofern läßt sich der Faktorbedarf nur zu einem Teil aus der Ablaufplanung ableiten.
Mit dieser Produktionsfaktorverbrauchsbedarfsermittlung allein ist das Aufgabenfeld der Faktorbedarfsplanung allerdings erst teilweise gekennzeichnet. In einer zweiten Phase der Bedarfsplanung ist nämlich zu überprüfen, ob und inwieweit Maßnahmen zur Beeinflussung des Verbrauchsbedarfs im Sinne einer Gestaltung des Be-

97) Daher wird die Bedarfsermittlung für eine einzelne Instandhaltungsleistung in dieser Arbeit im Kapitel zur Bedarfsplanung vor der periodenbezogenen Bedarfsplanung behandelt.

darfssortiments ergriffen werden können. Dies ist vor allem deshalb von Bedeutung, weil man so den vielfach sehr heterogenen Faktorbedarf in Grenzen vereinheitlichen kann. Dazu muß man allerdings auf die aus den einzelnen Instandhaltungsleistungen resultierenden Anforderungen an den Faktorbedarf zurückgreifen. Positive Auswirkungen hat eine Homogenisierung des Faktorbedarfs vor allem im Hinblick auf die durch den Einsatz und die Bereitstellung der Produktionsfaktoren verursachten Instandhaltungskosten.

Schließlich ist in einer dritten Phase der Faktorbedarfsplanung der Bereitstellungsbedarf an Produktionsfaktoren[98] für die Planperiode zu planen. Hierzu ist es zweckmäßig, zunächst in den Potential- und den Repetierfaktorbedarf zu untergliedern. Bevor nämlich der Bereitstellungsbedarf an Potentialfaktoren angegeben werden kann, ist der Potentialfaktorbedarf mit den vorhandenen Kapazitäten zu vergleichen. Dabei werden sich in der Regel Unterschiede ergeben. Diese resultieren zum einen aus der erheblichen Unsicherheit über die art- und mengenmäßige sowie zeitliche Struktur des Auftretens ungeplant notwendig werdender Leistungen und dem zu ihrer Ausführung erforderlichen Faktoreinsatz. Zum anderen ergeben sich Unterschiede selbst bei vollständig bekanntem Bedarf wegen dessen Schwankungen, die durch einen im Vorhinein unsicheren Bedarf noch verstärkt, aber auch verringert werden können. Den Bereitstellungsbedarf an Potentialfaktoren nur durch die (positiven) Differenzen zwischen Bedarf und Kapazität (im Extrem) zu jedem Zeitpunkt bzw. in vergleichsweise kurzen Zeiträumen ermitteln zu wollen, wäre jedoch verfehlt. Dabei würde man nämlich vernachlässigen,

---

98) Wegen dieser Aufgabenstellung wird die Bedarfsplanung vielfach als erster Teilplan bzw. erste Phase der Bereitstellungs- bzw. Beschaffungsplanung eingeordnet. Vgl. hierzu etwa MÄNNEL, Wolfgang: Wesen, Aufgaben und Bedeutung der Beschaffungsplanung, in: Journal für Betriebswirtschaft, 26. Jg. (1976), Heft 4, S. 219-240, hier insbes. S. 219-238 und die dort diskutierten Literaturmeinungen zu den Teilplänen und Teilphasen der Beschaffungsplanung.

daß sich die (für die Instandhaltung in erster Linie bedeutsamen personellen, aber auch die anderen) Potentiale nicht beliebig, sondern nur in bestimmten Quanten, zu bestimmten Terminen und unter Einhaltung bestimmter Fristen auf- und abbauen lassen. Besonders problematisch wird die Planung solcher quantitativer Anpassungsmaßnahmen (einschließlich zusätzlicher langfristiger Fremdleistungsverträge) folglich auch dann, wenn man die Bedarfsplanung in Anlehnung an die Ablaufplanung überlappend gestaltet. Insofern muß man bei der Planung dieser Anpassung der Kapazität an den Bedarf von vergleichsweise groben Schätzungen entsprechend der Grobablaufplanung ausgehen. Es bietet sich an, solche Überlegungen bereits im Rahmen der Bedarfsplanung anzustellen, weil vor allem nur vorübergehend notwendige Kapazitätsveränderungen durch kurzfristige Anpassungsmaßnahmen zumindest teilweise ausgeglichen werden können. Möglichkeiten hierzu sind etwa mit der zeitlichen und intensitätsmäßigen Anpassung sowie zusätzlicher kurzfristiger Fremdinstandhaltung gegeben, wobei durch eine Entscheidung für letztere wiederum ein entsprechender Bereitstellungsbedarf ausgelöst wird. Allerdings dürfen diese Maßnahmen, deren Ergebnis die Potentialfaktoreinsatzplanung ist, nicht isoliert geplant werden. Sie sind vielmehr hinsichtlich ihrer erfolgswirtschaftlichen Auswirkungen mit Änderungen der periodenbezogenen Ablaufplanung (zeitliche Verschiebung von Instandhaltungsaufträgen, Änderung der Reihenfolge ihrer Durchführung, Wahl anderer Verfahren) zu vergleichen. Daraus ergibt sich dann ein entsprechend veränderter Potentialfaktoreinsatzbedarf. Die Planung des Potentialfaktorverbrauchsbedarfs mündet somit in die Bereitstellungsplanung für die lang- und kurzfristig benötigten Fremdleistungen sowie die Bereitstellungs- und Einsatzplanung der für die Eigeninstandhaltung benötigten Potentialfaktoren. Die Planung des Bereitstellungsbedarfs für die Repetierfaktoren hat den periodenbezogenen Faktorbedarf zunächst vor allem mit dem vorhandenen Lagerbestand zu vergleichen und auch eine bereits existierende Vorratsplanung zu berücksichtigen. Ein Problem ergibt sich dabei vor allem dann, wenn die Bereitstellung der Repetierfaktoren nur

in bestimmten Fristen möglich ist - wie dies etwa bei Ersatzteilen relevant werden kann - der Bedarf jedoch nicht entsprechend (langfristig) planbar ist. Dies verdeutlicht, daß die Bedarfs-, Lagerbestands- bzw. Lagerergänzungs- und Bereitstellungsplanung eng miteinander zu verbinden sind.

Mit diesen Teilplänen ist die Planung des Mengengerüstes einer bedarfsorientierten Instandhaltungskostenplanung weitgehend abgeschlossen. Zu ergänzen ist gegebenenfalls noch der für die Aufrechterhaltung der Betriebsbereitschaft der Instandhaltung erforderliche Bedarf an Produktionsfaktoren (wie z. B. die Instandhaltungsgebäude u.ä.) oder auch der Bedarf für bestimmte, nicht immer unmittelbar instandhaltungsleistungsabhängig benötigte Produktionsfaktoren. Zu letzterem zählt etwa auch der für die Bereitstellung der Produktionsfaktoren selbst benötigte Bedarf an Produktionsfaktoren. Da die Bereitstellung jedoch zweckmäßigerweise häufig - aufgrund der für die Funktion benötigten spezifischen (Markt-)Kenntnisse und Erfahrungen - von anderen Stellen des Unternehmens (Personalabteilung, Einkauf) übernommen wird, sind die hierdurch verursachten (Leistungs-)Kosten im Zuge der innerbetrieblichen Leistungsverrechnung der Instandhaltung zuzurechnen.

Die periodenbezogene Planung der Bereitstellung bzw. des Einsatzes der Produktionsfaktoren der Instandhaltung liefert insbesondere eine wesentliche Grundlage für die Planung der Zeitpunkte der Bereitstellung bzw. der Einsatzstruktur der Produktionsfaktoren und ihrer Preise einerseits sowie für die Feststellung des Charakters der durch die Bereitstellung bzw. den Einsatz der Produktionsfaktoren verursachten Instandhaltungskosten andererseits[99].

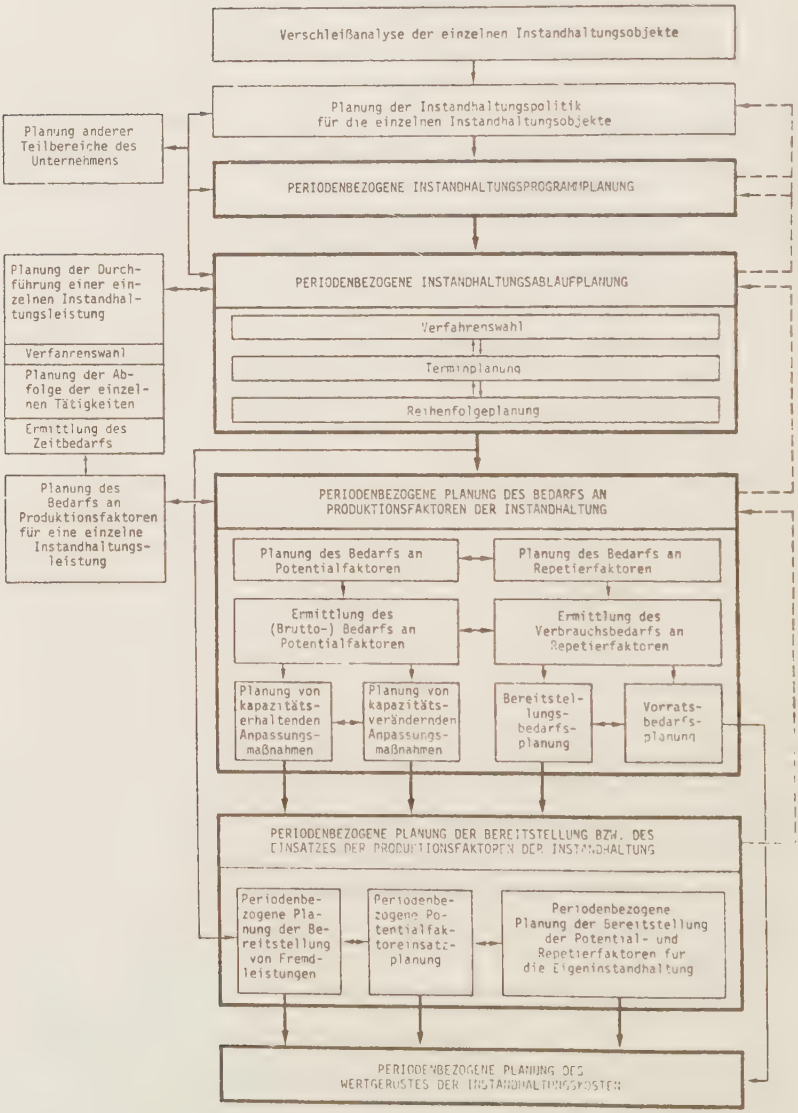
---

99) Dies wird im Rahmen dieser Arbeit im Kapitel zur Instandhaltungskostenplanung behandelt. Auf eine eingehendere Erläuterung der Aufgaben und der Durchführung der Bereitstellungs- und Einsatzplanung wird in dieser Arbeit jedoch verzichtet.

Die periodenbezogene Planung des Wertgerüstes der Instandhaltungskosten ist in ihrem möglichen Detaillierungs- und Genauigkeitsgrad von der Länge der Planperiode und der Sicherheit der verfügbaren Informationen und damit von der Gestaltung der beschriebenen Teilpläne abhängig. Daher sind die Instandhaltungskosten der Planperiode prinzipiell - auch im Hinblick auf deren Wertgerüst - ebenfalls durch eine dynamische, überlappende Planung zu ermitteln. Hierbei muß vor allem auch für Zwecke der Kostenkontrolle besonderer Wert darauf gelegt werden, daß die Abhängigkeiten der Kosten von ihren Einflußgrößen erkennbar sind.

In Abb. 2.6 sind diese Teilpläne einer bedarfsorientierten Instandhaltungskostenplanung zusammenfassend dargestellt.

Abb. 2.6: Überblick über Struktur und Inhalt wichtiger Teilpläne einer instandhaltungsbedarfsorientierten periodenbezogenen Instandhaltungskostenplanung



Drittes Kapitel
Verschleißanalyse als primärer Ansatzpunkt der Instandhaltungsbedarfsplanung

A Arten und Erscheinungsformen des Verschleißes

Als Ursache der Entstehung des Instandhaltungsbedarfs sind die nachteiligen wirtschaftlichen Auswirkungen, die aus einer Minderung des Eignungswertes von Anlagen(elementen) im Hinblick auf den ihnen bei der Projektierung, Konstruktion und Herstellung zugedachten Verwendungszweck resultieren, anzusehen. Die Gesamtheit der zu einer solchen Minderung des Eignungswertes von Anlagen(elementen) führenden Veränderungen ihrer stofflich-technischen Beschaffenheit soll hier als Verschleiß bezeichnet werden[1].

Andere Ursachen der Verminderung der Wirtschaftlichkeit von Anlagen, wie vor allem der technisch-wirtschaftliche Fortschritt, Bedarfsverschiebungen auf dem Absatzmarkt, Verringerung der Bereitstellungskosten, Engpässe auf dem Beschaffungsmarkt für die auf den Anlagen zu bearbeitenden Stoffe oder Engpässe und Preissteigerungen für die Anlagenbetriebsstoffe, werden also aus dem Begriff des Verschleißes ausgeklammert[2].

---

1) Vgl. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 29.; SPICKENHEUER, W.: Optimale vorbeugende Instandhaltung, S. 10; HERZIG, N.: Theoretische Grundlagen, S. 52; HOFFMANN, K.: Abnutzung, S. 27-64; QUEISSER, G.: Instandhaltung von Automatisierungsanlagen, Berlin 1967, S. 9; WOLPERS, F.: Leistungsschaltung und Wartungsintensität, S. 20, 21.

2) Die Entwertung der Anlagen durch den technisch-wirtschaftlichen Fortschritt wird vor allem in der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur der DDR als "moralischer" Verschleiß bzw. als ökonomische Veralterung verstanden; vgl. z. B. MATTERNE, Kurt: Zur Bestimmung des Nutzeffektes von Reparaturen in der sozialistischen Industrie, in: Wirtschaftswissenschaft, 7. Jg. (1959), Heft 8, S. 1213-1225, hier S. 1218; HAUSTEIN, Heinz-Dieter: Zum Problem des materiellen und mora-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Andererseits soll der Begriff "Verschleiß" weiter als in der technisch orientierten Literatur gefaßt werden und somit nicht auf eine "...Veränderung von Gebrauchsgegenständen durch Lostrennen kleiner Teilchen von ihrer Oberfläche infolge mechanischer Ursachen"[3] beschränkt werden.

Hier soll somit unter Verschleiß - in Anlehnung an eine sich im betriebswirtschaftlichen Schrifttum weitgehend durchsetzende Auffassung - jegliche Veränderung der stofflich-technischen Beschaffenheit von Instandhaltungs-

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite.
lischen Verschleißes der gesellschaftlichen Arbeitsmittel in der sozialistischen Industrie, in: Wirtschaftswissenschaft, 5. Jg. (1957), Heft 5, S. 705-724, hier S. 705-707; STRUMILIN, S.: Der physische und moralische Verschleiß der Arbeitsmittel, in: Wirtschaftswissenschaft, 5. Jg. (1957), Heft 5, S. 725-741, hier S. 725; MILDNER, Gerhard - JAROSCH, Gerhard: Grundlagen der Instandhaltung, 2. Aufl., Leipzig 1974, S. 18. Vgl. zum technischen Fortschritt als Ursache der (relativen) Minderung der Wirtschaftlichkeit von Anlagen aufgrund von Senkungen der (Anlagen-)Beschaffungspreise und/oder kosten- bzw. ertragsgunstigeren Einsatzes anderer Anlagen z. B. SCHÄTZLE, G.: Technischer Fortschritt und Produktionsfunktion, in: Produktionstheorie und Produktionsplanung, Festschrift zum 65. Geburtstag von Karl Hax, hrsg. von MOXTER, Adolf - SCHNEIDER, Dieter - WITTMANN, Waldemar, Köln und Opladen 1966, S. 37-61; ROSE, G.: Die Synchronisation von Anlagenerneuerung und technischem Fortschritt; MANSFIELD, E.: The Economics of Technological Change, New York 1968. Grundsätzlich können Probleme der Beschaffung (z. B. aufgrund einer Verknappung) von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen oder auch des Personals in der gleichen Weise eine "Entwertung" von Anlagen bewirken wie Bedarfsverschiebungen auf dem Absatzmarkt oder Preissenkungen für Anlagen auf dem Beschaffungsmarkt; vgl. hierzu bspw. DAHMEN, U.: Nutzungsdauer, S. 18.

3) EICHLER, Christian: Grundlagen der Instandhaltung, am Beispiel landtechnischer Arbeitsmittel, Berlin 1970, S. 17; vgl. weiterhin BAHR, Johannes: Instandhaltung - dargestellt an Beispielen des Bergbaues, Leipzig 1970, S. 253-258; BECKMANN, G. - MARX, D.: Instandhaltung von Anlagen, S. 45-47 sowie die bei den genannten Autoren jeweils angegebene Literatur.

objekten verstanden werden[4].

Für die Planung des Bedarfs an Instandhaltungsleistungen und Produktionsfaktoren der Instandhaltung[5] sind außer der Kenntnis der Entwicklung des Verschleißes und seiner nachteiligen wirtschaftlichen Auswirkungen auch Informationen über die für die Instandhaltungsobjekte relevante(n) Verschleißart(en) wichtig, weil sie erste Anhaltspunkte für die Planung der Art der Instandhaltungsleistungen und -verfahren sowie der einzusetzenden Produktionsfaktoren liefern[6].

Nach der Art der Veränderung der stofflich-technischen Beschaffenheit der Instandhaltungsobjekte wird in der Literatur im wesentlichen zwischen mechanischem und chemischem Verschleiß sowie Ablagerungsverschleiß und Verschleiß aufgrund von Zerrüttungen des kristallinen Gefüges unterschieden[7].

Für die Analyse der bei einem bestimmten Instandhaltungsobjekt zu erwartenden Verschleißart(en) muß man vor allem auf die Verschleißursachen zurückgreifen; diese sollen im folgenden Abschnitt näher beschrieben werden.

---

4) Vgl. zu dieser Begriffsfassung z. B. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 30; DAHMEN, U.: Nutzungsdauer, S. 33f.; SPICKENHEUER, W.: Optimale vorbeugende Instandhaltung, S. 10.
Im technisch orientierten Schrifttum wird dieser Sachverhalt als Abnutzung bezeichnet.

5) Vgl. das vierte, fünfte und sechste Kapitel dieser Arbeit.

6) Man denke bspw. daran, daß Instandhaltungsobjekte, die allein (vornehmlich) dem Ablagerungsverschleiß unterliegen, anders instandzuhalten sind, als solche, die in erster Linie mechanische Verschleißerscheinungen aufweisen.

7) Vgl. hierzu im einzelnen: MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 31; HOFFMANN, K.: Abnutzung, S. 29-36; MILDNER, G. - JAROSCH, G.: Grundlagen der Instandhaltung, S. 19; KÖLBEL, Herbert - SCHULZE, Joachim: Die Anlagenrechnung in Chemiebetrieben, in: Chemiker-Zeitung/Chemische Apparatur, 90. Jg. (1966), Heft 3, S. 75-90; HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 53f.; STEFFEN, R.: Analyse, S. 59.

B Ursachen des Verschleißes

Grundsätzlich können Änderungen der stofflich-technischen Beschaffenheit der Anlagen(elemente) mit ihrem Einsatz, Einwirkungen ihrer Umweltbedingungen oder ihrer Instandhaltung verbunden sein.

Der zunächst genannte einsatz- oder gebrauchsbedingte Verschleiß läßt sich weiter in einen anlauf-, gebrauchs- (i.e.S.), leerlauf- und stillsetzungsbedingten Verschleiß unterteilen[8].

Die Veränderung der stofflich-technischen Beschaffenheit durch die Umweltbedingungen wird demgegenüber als Zeitverschleiß oder als natürlicher Verschleiß bezeichnet[9]. Der natürliche Verschleiß kann grundsätzlich sowohl während des Einsatzes der Anlagen(elemente) als auch während ihrer Brachzeit auftreten. Der durch die Umwelteinflüsse bedingte, allein in der Brachzeit auftretende Verschleiß wird auch als stillstandsbedingter Verschleiß definiert[10].

Darüber hinaus bezieht MÄNNEL in die Systematisierung der Verschleißursachen den "reparaturbedingten" Verschleiß[11] mit ein. Da jedoch beispielsweise auch durch eine Inspektion ein zusätzlicher Verschleiß (sowohl an den inspizierten als auch an anderen Teile derselben Anlage, z. B. bei Demontage- und Montagearbeiten) hervorgerufen werden kann, bietet es sich an, von instandhaltungsbedingtem Verschleiß zu sprechen.

---

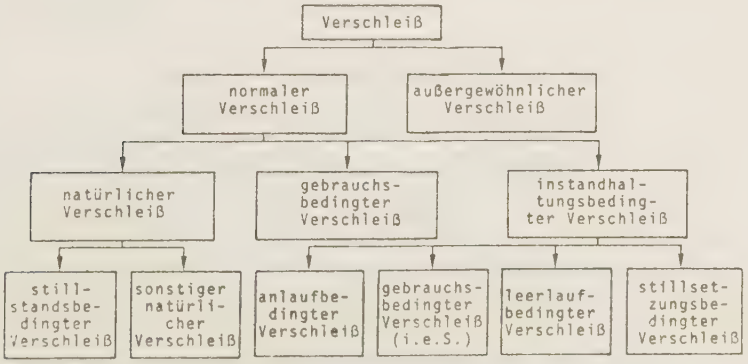
8) Vgl. hierzu HEINEN, E.: Betriebswirtschaftliche Kostenlehre, S. 23o.
9) Vgl. z. B. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 35; STEFFEN, R.: Analyse, S. 6O; BRIEL, H. von: Die Ermittlung der wirtschaftlichen Nutzungsdauer, S. 22f.; MUSIL, E. P.: Instandhaltungspolitik, S. 5Of.; ALBACH, Horst: Zur Verbindung von Produktionstheorie und Kostentheorie, in: Zur Theorie der Unternehmung, Festschrift zum 65. Geburtstag von Erich Gutenberg, hrsg. von Helmut KOCH, Wiesbaden 1962, S. 137-2O1, hier S. 187; KOSIOL, Erich: Anlagenrechnung - Theorie und Praxis der Abschreibungen, Wiesbaden 1955, S. 3O.
10) Vgl. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 35.
11) Vgl. ebenda, S. 37.

Diesen insgesamt als normalen Verschleißursachen zusammengefaßten Bestimmungsgründen der Veränderung der stofflich-technischen Beschaffenheit eines Instandhaltungsobjektes wird in der Literatur in der Regel der außergewöhnliche Verschleiß gegenübergestellt, der "...stets mehr oder weniger zufallsbedingt, entweder im Zusammenhang mit der Benutzung des betreffenden Betriebsmittels oder aber auch völlig unabhängig davon..."[12] entsteht und der von Faktoren ausgelöst wird, "...von denen man zwar weiß, daß sie unter Umständen eintreten können, mit denen man aber normalerweise nicht rechnet"[12].

In der folgenden Abb. 3.1 sind die in der Literatur zumeist genannten Verschleißursachen zusammengefaßt.

Die dort aufgeführten "Verschleißursachen" erweisen sich bei genauerer Betrachtung jedoch weniger als Ursachen des Verschleißes als vielmehr als Bedingungen oder Voraussetzungen, unter denen der Verschleiß eintreten oder wirksam werden kann. Es sind im strengen Sinne schon deswegen keine Verschleiß u r s a c h e n , weil deren

Abb. 3.1: Überblick über die in der Literatur vorherrschende, auf die Ursachen des Verschleißes abstellende Bildung von Verschleißkategorien



12) Vgl. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 37; vgl. auch KOSIOL, E.: Anlagenrechnung, S. 31; SCHNEIDER, D.: Die wirtschaftliche Nutzungsdauer, S. 34.

Kenntnis unmittelbar Ansatzpunkte für eine Bekämpfung des Verschleißes bieten müßte. Auf der Grundlage dieser "Ursachen" ist das jedoch zumindest ohne weitergehende Analysen nicht möglich.

Auch die in der Literatur anzutreffende Zuordnung von Verschleißursachen zu Verschleißarten (wie etwa als Hauptursache des mechanischen Verschleißes den Gebrauch bzw. Einsatz der Anlagen(elemente) einzustufen[13]) stellt sich bei genauerer Betrachtung als in dieser Form nur bedingt zutreffend heraus, wie im folgenden gezeigt wird.

Da gerade eine Analyse der eigentlichen technischen Ursachen des Verschleißes (insbesondere in der Praxis[14]) enorme Schwierigkeiten bereitet[15], soll hier wegen der besonderen Bedeutung der Verschleißanalyse und -prognose für die Instandhaltungsplanung versucht werden, einen Ansatz für die Systematisierung und Kategorisierung von Verschleißursachen als Grundlage einer insbesondere aus betriebswirtschaftlicher Sicht operablen Verschleißprognose zu entwickeln.

Die oben angeführten, in der Literatur zumeist als Verschleißursachen bezeichneten Bedingungen, unter denen jeweils ein Verschleiß wirksam werden kann, wurden bisher vor allem für eine Anlage als Ganzes und nicht für einzelne Anlagenteile herausgearbeitet. Für eine effi-

---

13) Vgl. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 35.

14) Im Rahmen der mehrfach angesprochenen empirischen Untersuchung des Verfassers über den Informationsbedarf in der Instandhaltung der deutschen Grundstoffindustrie zeigte sich, daß es außerordentlich schwierig ist, selbst nach einem Ausfall festzustellen, welche Ursache letztlich für den Ausfall ausschlaggebend war.

15) Eine monokausale Erklärung des Verschleißes ist kaum möglich, worauf auch HERZIG, N.: Theoretische Grundlagen, S. 57, MATTERNE, Kurt: Nutzeffekt und Finanzierung von Reparaturen, Berlin 1963, S. 13 und HOFFMANN, K.: Abnutzung, S. 47 hinweisen. Demgegenüber ist RIETDORF der Ansicht, "daß eine Zuordnung der Schadensursache zum einzelnen Schadensfall bis auf einige Sonderfälle möglich und notwendig ist." RIETDORF, B.: Planmäßige Anlagenerhaltung, S. 60.

ziente Instandhaltungsplanung, -durchführung und -kontrolle ist demgegenüber gerade die teilbezogene Betrachtung (die sich auch in der Praxis in einigen Unternehmen durchzusetzen beginnt) von größerer Bedeutung. Dies zeigt sich beispielsweise schon daran, daß die Nutzung einer Anlage nicht zu einem für alle Teile dieser Anlage gleichmäßigen Verschleiß führt bzw. einige Elemente sogar überhaupt nicht beeinflußt und damit auch nicht den Eignungswert aller Teile in gleichem Maße herabsetzt.

Es ist somit im einzelnen zu untersuchen, welche Einflüsse den Verschleiß der Instandhaltungsobjekte - und gegebenenfalls in welcher Kombination - verursachen. Einen ersten Ansatzpunkt hierzu bietet die Analyse, mit welchen anderen Medien die Instandhaltungsobjekte Kontakt haben (werden)[16]. Die Instandhaltungsobjekte verschleißen grundsätzlich nur dann, wenn sie mit anderen (Produktions-) Faktoren in Berührung kommen: so vor allem aufgrund des Kontaktes mit den Umweltbedingungen, anderen Anlagenelementen, den zu be- oder verarbeitenden Stoffen und den menschlichen Arbeitskräften. Daher lassen sich bestimmte Kategorien von Verschleißursachen bilden, die im weiteren bezüglich ihrer Einflußnahme auf die stofflich-technische Beschaffenheit der Instandhaltungsobjekte bzw. im Hinblick auf ihre Bestimmungsfaktoren näher untersucht werden sollen[17].

(1) Der Kontakt der Instandhaltungsobjekte mit den Umweltbedingungen als Verschleißursache

Die Umwelteinflüsse, die auf die Anlagenelemente einwirken, treten in unterschiedlicher Form auf, wie

---

16) So ist es für die Ermittlung der Verschleißart sehr wichtig, Informationen darüber zu haben, welchen (Werk-)Stoff bspw. ein Behälter aufzunehmen hat (z.B. Säure, Wasser, feste Stoffe u. ä.).

17) Hierbei kann allerdings kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben werden; zudem müßte diese Analyse zumindest teilweise von den naturwissenschaftlichen (ingenieurwissenschaftlichen) Fachrichtungen intensiver vorangetrieben werden.

z. B. Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Staub, Schmutz usw.[18]. Bei einer auf die Anlagenelemente abstellenden Verschleißanalyse sind über diese Umwelteinflüsse hinaus zusätzlich die - bezogen auf die Anlagenteile - ebenfalls als Umweltbedingungen zu bezeichnenden "Produktionsbedingungen" zu berücksichtigen, die sich z. B. in unterschiedlichen Temperaturen, Drücken usw. äußern können.

Diese Umweltbedingungen können nun in sehr unterschiedlicher Weise die stofflich-technische Beschaffenheit der Anlagenelemente verändern, sie können zu unterschiedlichen Verschleißarten führen. So kann durch die Luftfeuchtigkeit oder durch eine für die Produktion erforderliche Zufuhr von Wasser Korrosion auftreten und sich so ein chemischer Verschleiß einstellen. Ein mechanischer Verschleiß kann aufgrund der Umweltbedingungen beispielsweise dadurch hervorgerufen werden, daß Staubkörner die Oberfläche (durch Abrieb) verändern. Der Ablagerungsverschleiß aufgrund von Umweltbedingungen kann sich z. B. als Verschmutzung von Behältern durch Staubablagerungen äußern. Verschleiß in Form von Zerrüttungen des Gefüges kann durch Druck (beispielsweise bei bestimmten Produktionsvorgängen entstehender Gasdruck) verursacht werden.

Außerdem können diese Verschleißarten auch in Kombination auftreten[19], wie etwa dann, wenn zunächst eine interkristalline Korrosion entstanden ist und im Anschluß daran eine Zerrüttung des Gefüges des Teiles eintritt.

---

18) Vgl. z. B. NEUMANN, J.: Die planmäßige Instandhaltung elektrischer Betriebsmittel, in: Werkstattstechnik und Maschinenbau, 45. Jg. (1955), Heft 2, S. 54-58, hier S. 54, der den Einfluß dieser Umweltbedingungen auf elektrische Anlagen(elemente) untersucht; MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 36; ESCHMANN, Paul: Untersuchung über den Einfluß des Verschleißes auf die Lebensdauer der Wälzlager, Diss. Braunschweig 1963, S. 25-28.

19) Vgl. so auch SCHILLING, H.: Planmäßige Anlagenpflege, S. 15.

Die Umweltbedingungen (unter Einschluß der sogenannten "Produktionsbedingungen") können somit in Form aller Verschleißarten Veränderungen der stofflich-technischen Beschaffenheit der Instandhaltungsobjekte bewirken.

(2) Der Kontakt der Instandhaltungsobjekte mit anderen Anlagenelementen als Verschleißursache

Untersucht man den Verschleiß, der durch den Kontakt eines Instandhaltungsobjektes mit einem anderen Element derselben oder einer anderen Anlage entsteht, kann man feststellen, daß ein mechanischer Verschleiß durch gegenseitigen Abrieb der Teile, ein Ablagerungsverschleiß (z. B. in Form einer geringeren Haftung und nach einem gegen(ein-)seitigen Abrieb der Teile - z. B. Bremstrommel/Bremsbelag), ein Verschleiß aufgrund von Zerrüttungen des Gefüges (durch direkten gegen(ein-)seitigen Druck) und auch ein chemischer Verschleiß (z. B. durch einen chemische Verschleißvorgänge auslösenden Zwischenstoff[20]) zwischen den Teilen) entstehen können. Es ist somit davon auszugehen, daß auch diese Verschleißursache alle Verschleißerscheinungen hervorrufen kann.

(3) Der Kontakt der Instandhaltungsobjekte mit den zu be- oder verarbeitenden Stoffen als Verschleißursache

Durch den Kontakt des Werkstoffes bzw. -stückes mit dem Instandhaltungsobjekt können wiederum sowohl mechanische und chemische Verschleißerscheinungen als auch

20) Zu diesen "Zwischenstoffen" oder "Zwischenmedien" zählen insbesondere Schmierstoffe wie Öle, Fette u. ä. Diese Stoffe werden nicht als primär verschleißverursachende "Kontaktpartner" behandelt, da ihr Einsatz gerade dem Verschleiß der durch diese Stoffe vor dem unmittelbaren Kontakt geschützten Elemente entgegenwirken soll. Die Auswahl der betreffenden Stoffe ist (in einer Wirtschaftlichkeitsrechnung) davon abhängig zu machen, ob und inwieweit diese primäre Verschleißhemmungswirkung den gleichwohl auch durch diese Stoffe selbst verursachten Verschleiß und dessen ökonomische Auswirkungen überwiegen. Sofern sich die zur Wahl stehenden Stoffe kostenmäßig unterscheiden, ist auch dies zu berücksichtigen.

Ablagerungsverschleiß und Zerrüttungen des Gefüges auftreten. Der mechanische Verschleiß äußert sich in einer Veränderung der Oberfläche des Instandhaltungsobjektes, die durch die Bearbeitung des Werkstückes (z.B. bei spanender Fertigung) verursacht wird, allgemeiner also durch eine (Relativ-)Bewegung zwischen beiden Teilen mit dem daraus resultierenden Abrieb. Der chemische Verschleiß wird entweder durch den Werkstoff bzw.das Werkstück selbst herbeigeführt (besonders bei Flüssigkeiten) oder durch ein zwischen dem Instandhaltungsobjekt und dem Werkstück bzw. -stoff befindliches Medium. Ein Ablagerungsverschleiß kann vor allem von den Werkstoffen, z. B. Farben in Lackbehältern, in Rohren usw. aber auch durch das "Zwischenmedium" verursacht werden. Zerrüttungen des Gefüges können insbesondere infolge des Gewichts der Werkstücke auftreten.

(4) Der Kontakt der Instandhaltungsobjekte mit der menschlichen Arbeitskraft als Verschleißursache

Die Verschleißerscheinungen, die beim Kontakt zwischen der Arbeitskraft und den Instandhaltungsobjekten entstehen können, sind vor allem Zerrüttungen des Gefüges, mechanischer und chemischer Verschleiß (z. B. bei Instandhaltungsmaßnahmen) und auch Ablagerungsverschleiß[21]. Insbesondere wird außerdem durch den Kontakt mit der menschlichen Arbeitskraft häufig ein Verschleißvorgang initiiert, der dann seine Fortsetzung durch ein verschleißförderndes Zusammenwirken mit den anderen genannten Medien (Werkstücke, andere Teile usw.) findet.

Insgesamt zeigt sich also, daß es grundsätzlich möglich ist, daß einerseits eine Verschleißursache unterschiedliche Verschleißarten hervorrufen kann und andererseits unterschiedliche Ursachen dieselbe Verschleißerscheinung

---

21) So darf z. B. bei vielen elektronischen Feuerzeugen die Flammenöffnung nicht mit den Fingern berührt werden, um die Ablagerung von Fetten in der Öffnung zu vermeiden.

bewirken können - so daß von der Verschleißart nicht unmittelbar auf die Ursache geschlossen werden kann. Insofern kann auch diese Systematisierung der Verschleißursachen keine gesicherte Grundlage für die technologische Erklärung von Verschleißerscheinungen bieten. Für eine unmittelbare Kausalerklärung des Zusammenhangs zwischen Verschleißerscheinungen und -ursachen wären daher intensivere, vergleichsweise aufwendige technologische Analysen durchzuführen. Andererseits wird man davon ausgehen können, daß sich die im konkreten Einzelfall auftretenden Verschleißerscheinungen wenn auch nicht vollständig so doch möglicherweise maßgeblich auf eine (oder mehrere) der beschriebenen Ursachen zurückführen lassen. Zumindest bietet dies vor allem auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht eine - gegebenenfalls etwa für Engpaßanlagen bzw. besonders wichtige Elemente solcher Anlagen durch weitergehende technologische Analysen zu ergänzende - im folgenden Abschnitt näher erläuterte Grundlage für die Prognose der Verschleißentwicklung.

C Analyse und Prognose des Verschleißverlaufs

Im Anschluß an die Ermittlung der für das Instandhaltungsobjekt relevanten Verschleißart(en) und -ursache(n) ist als Grundlage der Planung von Instandhaltungsleistungen die Entwicklung des Verschleißes im Zeitablauf zu prognostizieren. Da sich der Verschleißablauf durch die Art und Weise sowie die Geschwindigkeit des Fortschrittes der Veränderung der stofflich-technischen Beschaffenheit eines Instandhaltungsobjektes beschreiben läßt, hat man für seine Prognose somit vor allem die Bestimmungsfaktoren der die Verschleißentwicklung kennzeichnenden Merkmale herauszuarbeiten.

Hierzu muß man zunächst auf die Analyse der Verschleißursachen zurückgreifen. Aufbauend auf der daraus gewonnenen Kenntnis, mit welchen anderen (Produktions-)Faktoren das Instandhaltungsobjekt Kontakt hat bzw. haben wird, sind nun die Merkmale dieses Kontaktes - Art, Intensität,

Häufigkeit, Dauer und Ort - im Hinblick auf die Art und Stärke ihres Einflusses auf den Verschleißfortschritt zu untersuchen. Dies erfordert Informationen darüber, in welchem Ausmaß sich die stofflich-technische Beschaffenheit des Instandhaltungsobjektes in Abhängigkeit von der Ausprägung der Merkmale des Kontaktes (also z. B. in Abhängigkeit von der Dauer des Kontaktes) verändert[22]. Dies zu erfassen, wird allerdings vielfach erhebliche Probleme aufwerfen, die auf eine Reihe von Ursachen zurückzuführen sind.

Erstens muß man nämlich davon ausgehen, daß schon die Messung (Feststellung) des Verschleißniveaus selbst oft schwierig oder sogar - zumindest zerstörungsfrei - unmöglich ist[23]. Allerdings bemüht man sich gerade auch in letzter Zeit zunehmend um eine Verbesserung der Verfahren zur Verschleißmessung[24], so daß diesbezüglich durchaus die Lösung zumindest einiger Probleme zu erwarten ist.

Zweitens ist in der Regel nicht ein Merkmal des Kontaktes allein für den Verschleißfortschritt maßgeblich[25]. Wirken aber mehrere Merkmale des Kontaktes zusammen, gelingt die Trennung der Einzeleinflüsse bei der Erklärung für das Entstehen eines bestimmten Verschleißbetrages nur in Ausnahmefällen. Auch Laborversuche zur Gewinnung von Aussagen über die Bestimmungsfaktoren des Verschleißfortschritts sind nur sehr eingeschränkt durchführbar[26]. Möglicherweise können jedoch auch hier in Zukunft Fort-

---

22) Dies heißt genauer, daß man untersuchen müßte, wie der Verschleiß in Abhängigkeit von einer Ausprägungseinheit der Kontaktmerkmale (also z. B. je Zeiteinheit der Dauer des Kontaktes) fortschreitet.
23) Vgl. so z. B. auch HOFFMANN, K.: Abnutzung, S. 48.
24) Vgl. BAHR, J.: Instandhaltung, S. 257 und insbesondere auch die (in Fußnote12) auf S. 302 im einzelnen aufgeführten) Beiträge zur Fachtagung Instandhaltung '78 - Inspektion. Wiesbaden, 17. und 18. Oktober 1978, hrsg. vom DEUTSCHEN KOMITEE INSTANDHALTUNG, o.O., o.J. (1978).
25) Vgl. auch BECKMANN, G. - MARX, D.: Instandhaltung von Anlagen, S. 48; HOFFMANN, K.: Abnutzung, S. 48.
26) Vgl. z. B. BAHR, J.: Instandhaltung, S. 255.

schritte durch die Verbesserung und Verfeinerung der Verfahren zur Verschleißermittlung erzielt werden. Außerdem wird man davon ausgehen können, daß im konkreten Untersuchungsfall nicht alle Merkmale des Kontaktes in gleichem Maße von Bedeutung sind. So wird man annehmen können, daß insbesondere die Dauer des Kontaktes bei den meisten Verschleißursachen maßgeblich den Verschleißfortschritt des betreffenden Instandhaltungsobjektes beeinflußt. Daneben wird man insbesondere beispielsweise die Intensität des Kontaktes bei Relativbewegungen zwischen dem Instandhaltungsobjekt und anderen mechanischen Teilen, anderen Anlagenelementen oder den zu bearbeitenden Werkstoffen (z. B. auch zwischen den Rollen einer Förderanlage und dem zu befördernden Werkstück) zu beachten haben[27]. Außerdem mag die Zahl der Kontakte von Bedeutung sein - wie etwa die Häufigkeit des Betätigen eines Schalters durch die menschliche Arbeitskraft.

Drittens schließlich ist für den Verschleißfortschritt und die Möglichkeiten seiner Analyse und Prognose von besonderer Bedeutung, welche stofflich-technische Beschaffenheit die Instandhaltungsobjekte selbst einerseits und die jeweiligen "Kontaktpartner" andererseits aufweisen. Probleme bereitet dabei vor allem eine Veränderung der Beschaffenheit, die wiederum verschiedene Ursachen haben kann. Dies können zunächst Einflüsse sein, die auf nicht oder nur sehr begrenzt beeinflußbare Umstände zurückzuführen sind. Hierzu zählen etwa wechselnde Umweltbedingungen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit u. dergl.). Diese wirken sich vor allem auf den Umweltbedingungen ständig ausgesetzte oder an wechselnden Orten eingesetzte Anlagen (wie z. B. Fahrzeuge, Gabelstapler u. ä.) aus. Ähnlich weisen oft gleichartige zu bearbeitende Werkstoffe unterschiedliche zufallsabhängige Schwankungen ihrer

---

27) Vgl. z. B. RIETDORF, B.: Planmäßige Anlagenerhaltung, S. 12; SCHILLING, H.: Planmäßige Anlagenpflege, S. 14; BECKMANN, G. - MARX, D.: Instandhaltung von Anlagen, S. 48; HOFFMANN, K.: Abnutzung, S. 30f.

Beschaffenheit auf, wenn der Prozeß ihrer Herstellung nicht vollständig beherrschbar ist. Eine weitere Ursache für Veränderungen der stofflich-technischen Beschaffenheit ist der Verschleiß der mit dem betreffenden Instandhaltungsobjekt in Berührung kommenden Anlagenelemente. Schließlich wird die Beschaffenheit der Kontaktpartner durch Dispositionen über die Anlagennutzung bzw. die Fertigung verändert. Dies gilt beispielsweise für die Produktionsbedingungen, denen ein Instandhaltungsobjekt ausgesetzt ist, wie z. B. dann, wenn mit jeder Produktionsunterbrechung die Temperatur herunter- und anschließend wieder hinaufgefahren wird[28]. Solche Veränderungen können dazu führen, daß sich der Verschleiß eines Instandhaltungsobjekts auch in Abhängigkeit von dem bereits erreichten Verschleißniveau auf unterschiedliche Art oder unterschiedlich schnell fortschreitet und somit die Streuung des Verschleißverlaufs erklären[29], die zudem häufig mit zunehmendem Verschleiß wächst (vgl. hierzu die Abb. 3.2)[30]. Daher lassen sich Aussagen über den Verschleißverlauf in der Regel nur als Schätzungen formulieren.

Hat man so jedoch zumindest eine ungefähre Vorstellung davon, welche Ursachen die Verschleißerscheinungen eines Anlagenelementes hervorrufen und welche Merkmale seines Kontaktes mit den beschriebenen Medien in welchem Umfang einen Verschleißfortschritt bewirken, ist damit die eigentliche Verschleißanalyse abgeschlossen. Für die Prognose der Verschleißentwicklung sind nun vor vor allem die Bestimmungsfaktoren der Ausprägungen der maßgeblichen Kontaktmerkmale (also z. B. der Dauer des Kontaktes) herauszuarbeiten.

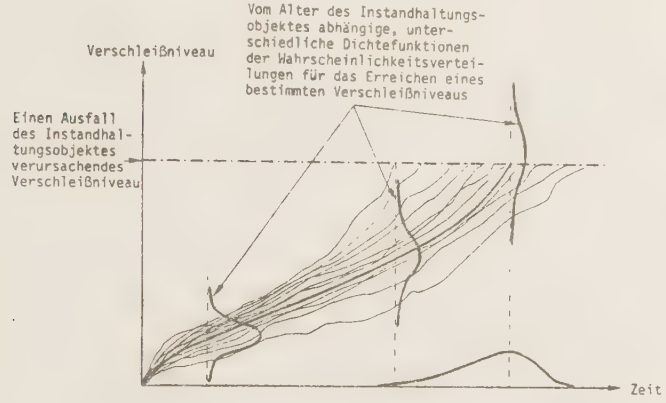
---

28) "Starke Temperaturschwankungen im Lager führen zur Bildung von Schwitzwasser, das vor allem in Verbindung mit aktivierten Hochdruckölen korrosiv wirkt". ESCHMANN, P.: Einfluß des Verschleißes, S. 28.

29) ESCHMANN (P.: Einfluß des Verschleißes, S. 6-10) zeigt hierzu einige Besipiele aus der Praxis auf.

30) Vgl. auch BECKMANN, G. - MARX, D.: Instandhaltung von Anlagen, S. 50-54.

Abb. 3.2: Schematische Darstellung der Zunahme des Streubereichs des Verschleißniveaus in Abhängigkeit von dem Alter des Instandhaltungsobjektes



Da man zumeist davon ausgehen kann, daß die Art des maßgeblichen Kontaktpartners und auch die Art sowie der Ort des Kontaktes weitgehend durch die Konstruktion der Anlagen festgelegt sind, hat man in erster Linie die Bestimmungsfaktoren für die Dauer, die Intensität und die Häufigkeit des Kontaktes eines Instandhaltungsobjektes mit den anderen Medien zu analysieren.

Grundsätzlich besteht ständig ein Kontakt der Instandhaltungsobjekte mit den Umweltbedingungen, anderen Anlagenelementen, den zu bearbeitenden Stoffen und der menschlichen Arbeitskraft. Die Kontaktpartner sind jedoch nicht zu jedem Zeitpunkt identisch: Sie wechseln vielmehr häufig in Abhängigkeit davon, ob das betreffende Anlagenelement "im Einsatz" ist oder nicht, d.h., ob das Instandhaltungsobjekt seine ihm zugedachte Funktion erfüllt oder nicht. Dabei haben die einzelnen Anlagenelemente unterschiedliche Aufgaben zu übernehmen. So werden einige dazu eingesetzt, die Werkstücke und -stoffe zu bearbeiten oder zu transportieren, andere

31) Vgl. zu den Arten und möglichen Systematisierungen von Anlagenzeiten MIETH, Heribert: Entwicklung einer allgemeinen Zeitbilanz für hüttenmännische Betriebsmittel, in: Stahl und Eisen, 81. Jg. (1961), Nr. 7, S. 422-431; VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA e.V.: Methodenlehre des Arbeitsstudiums, Teil 2: Datenermittlung, 2. Aufl., München 1972, insbes. S. 28-31.

dienen der Energieversorgung, wieder andere sind allein für die Statik der Anlage oder deren Fortbewegung erforderlich. Die Art des jeweiligen Kontaktpartners sowie die Häufigkeit und Dauer des Kontaktes wird nun vornehmlich durch die Dispositionen über die Anlagenzeiten[31] (Betriebsmittelzeiten) festgelegt. Ausgenommen hiervon sind lediglich solche Anlagenelemente, die von der Anlagenzeit hinsichtlich der Art des Kontaktpartners und der Dauer des Kontaktes weitgehend unbeeinflußt bleiben, wie etwa bestimmte Verkleidungen und andere "statische" Elemente. Allerdings wird durch die Dispositionen über die Anlagenzeiten zunächst teilweise die Intensität des Kontaktes beeinflußt, wie dies beispielsweise für Fundamente zutrifft. In allen anderen Fällen ist zu untersuchen, während welcher Anlagenzeit ein Kontakt des Instandhaltungsobjektes mit welchen Kontaktpartnern mit welcher Häufigkeit, Dauer und Intensität herbeigeführt wird, um den Verschleiß prognostizieren zu können. Es ist also eine Beziehung herzustellen zwischen der Struktur der Kontakte des Instandhaltungsobjektes mit seinen Kontaktpartnern und der Anlagenzeitstruktur.

Hierzu können allerdings konkrete Aussagen nur auf den Einzelfall bezogen gemacht werden. Tendenziell läßt sich jedoch folgendes feststellen. Ein Kontakt mit den "externen" Umweltbedingungen tritt, außer bei den bereits genannten Teilen, vornehmlich dann auf, wenn eine Produktionsunterbrechung eintritt. Allerdings ist ein Kontakt auch gerade umgekehrt etwa dann möglich, wenn ein Behälter, der nur zur Aufbewahrung während der Brachzeit der Anlage dient, während der Produktionszeit der Anlage (i.w.S.) entleert ist. Die jeweilige Dauer und Intensität des Kontaktes ist dabei unter anderem auch von der Produktionsgeschwindigkeit und dem gewählten Fertigungsverfahren abhängig. Insofern ist dieser Verschleiß zwar von dem Ausmaß der Dauer des Kontaktes mit den Umweltbedingungen und somit zeitabhängig, über die Dauer wird jedoch durch die Disposition der Anlagenbelegung entschieden und damit ist auch diese im

allgemeinen als "natürlicher" oder zeitbedingter Verschleiß bezeichnete Veränderung der stofflich-technischen Beschaffenheit i.w.S. "gebrauchsbedingt".

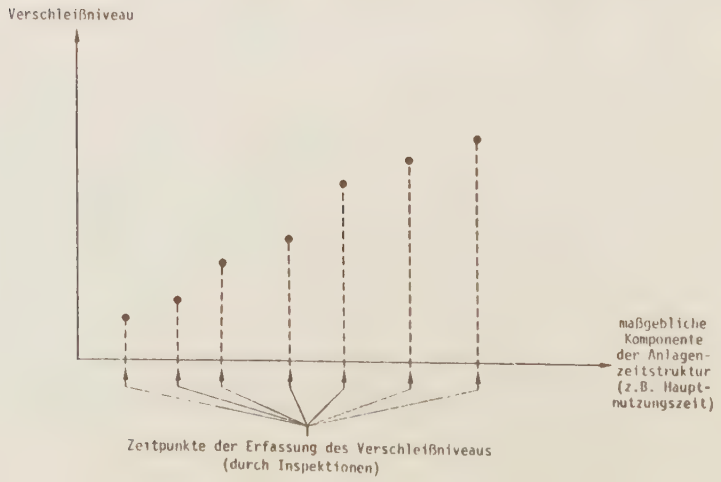
Häufigkeit und Dauer des Kontaktes des Instandhaltungsobjektes mit anderen Anlagenelementen werden vornehmlich durch die Anlagennutzung bestimmt. Hierbei stehen für einige Teile die Zeiten der Nutzung i.e.S. und die Rüstzeiten im Vordergrund, während andere auch während der Anlauf-, Leerlauf- und Auslaufzeit Kontakt mit anderen Anlagenelementen haben. Schließlich nehmen einige Anlagenteile mit anderen nur während der Brachzeit der Anlage Kontakt auf. Die Häufigkeit des Kontaktes wird somit durch die Häufigkeit des Wechsels der Anlagenzeiten bestimmt. Die Intensität des Zusammenwirkens zweier Anlagenelemente wird insbesondere durch die Ausnutzung der möglichen Produktionsgeschwindigkeit der Anlage beeinflußt.

Häufigkeit, Intensität und Dauer des Zusammenwirkens des Instandhaltungsobjektes mit den zu bearbeitenden Werkstoffen sind in der Regel leichter zu bestimmen als bei den bisherigen Verschleißursachen, weil die Bearbeitung der Werkstücke nur während der Nutzungszeit der Anlagen möglich ist und weil zweitens die "Kontaktzeit" leichter zu ermitteln ist. Allerdings muß auch hier nach Phasen der Nutzung unterschieden werden. Der Kontakt des Instandhaltungsobjektes mit dem Werkstoff kann nämlich während der Hauptnutzungszeit i.e.S., im Leerlauf der Anlage oder während eines Rüstvorganges stattfinden. Schließlich kann dies aber auch während der Brachzeit erfolgen (z. B. Behälter zur Aufbewahrung bis zum nächsten Produktionsbeginn). Die Dauer des Zusammenwirkens ist abhängig von der Zahl der zu bearbeitenden Werkstücke und der Zeit der Bearbeitung bzw. des Transports je Werkstück, der Art der Werkstoffe (z. B. unterschiedlich feste Holzarten), sowie der Ausnutzung des Querschnitts und der Intensität.

Ein Kontakt mit der menschlichen Arbeitskraft ist vielfach bei Rüstvorgängen bzw. bei An- und Auslauf der An-

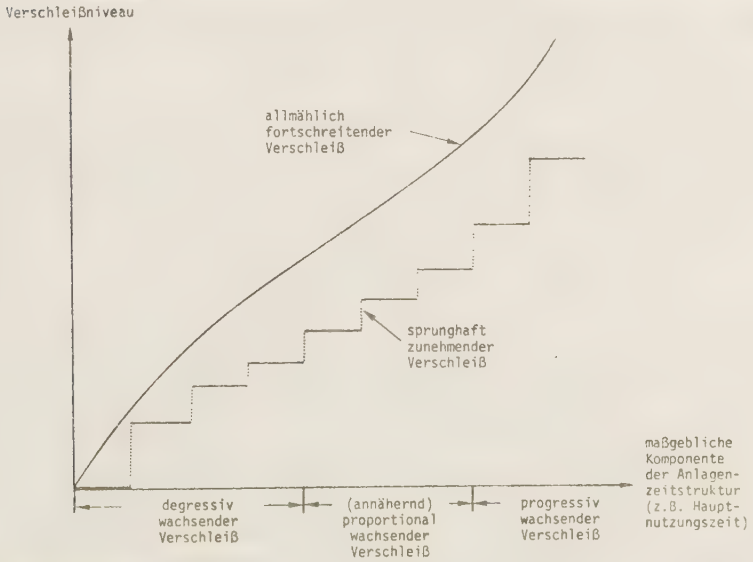
lage festzustellen. Die Häufigkeit des Kontaktes ist somit ebenfalls von der Anlagenzeitstruktur abhängig. Wäre nun der Verschleißfortschritt des Instandhaltungsobjektes je Zeiteinheit des Einwirkens der beschriebenen Verschleißursachen mit Sicherheit bekannt, gelänge eine Prognose des Verschleißes in Abhängigkeit von der Entwicklung der Anlagenzeiten leicht. Da man davon jedoch - wie bereits beschrieben - nur sehr eingeschränkt ausgehen kann, lassen sich in der Regel nur Wahrscheinlichkeitsaussagen formulieren. Hinzu kommt, daß die ständige getrennte Erfassung des Einflusses der einzelnen Anlagenzeitkomponenten auf den Verschleiß der Instandhaltungsobjekte in manchen Fällen zu einem erheblichen Aufwand führen wird. Dann bietet es sich etwa an, allein von der maßgeblichen Komponente der Anlagenzeitstruktur (z. B. auch durch eine den geschätzten Verschleißeinfluß der übrigen Komponenten der Anlagenzeitstruktur berücksichtigende Gewichtung) auf den Verschleißfortschritt (anhand von Schätzungen) zu schließen bzw. diesen in Abhängigkeit von dieser maßgeblichen Komponente der Anlagenzeitstruktur beispielsweise durch Inspektionen zu erfassen und dann zu prognostizieren (wie in Abb. 3.3 schematisch dargestellt).

Abb. 3.3: Schematische Darstellung der Erfassung des Verschleißfortschritts in Abhängigkeit von der für den Verschleiß maßgeblichen Komponente der Anlagenzeitstruktur



Prinzipiell kann die Verschleißentwicklung in Abhängigkeit von der Anlagenzeitstruktur zwar deterministischer oder stochastischer Natur sein, der stochastische Fall überwiegt jedoch, so daß eine Wahrscheinlichkeitsverteilung für das Erreichen eines bestimmten Verschleißniveaus in Abhängigkeit von der Ausprägung der Komponente der Anlagenzeitstruktur zu ermitteln ist. Für die Prognose des Verschleißes ist neben der Geschwindigkeit vor allem auch die Art und Weise des Verschleißfortschrittes zu beachten. Grundsätzlich kann der Verschleiß im Zeitablauf entweder allmählich (stetig) oder sprunghaft (diskret) zunehmen (vgl. hierzu Abb. 3.4)[32]. Dazwischen existiert eine Reihe von

Abb. 3.4: Schematische Darstellung der grundsätzlichen Arten und Geschwindigkeiten des Verschleißfortschrittes



32) Diese beiden Arten des Verschleißfortschritts werden auch als Sukzessiv- und Momentanverschleiß bezeichnet. Vgl. z. B. KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 14-15; DAHMEN, U.: Nutzungsdauer, S. 12; MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 31; MUSIL, E. P.: Instandhaltungspolitik, S. 51f. Allerdings wird in den meisten Fällen auch bei einem allmählich fortschreitenden Verschleiß gegen Ende des Verschleißprozesses ein Momentanverschleiß eintreten; vgl. hierzu bspw. SCHELO, S. J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 17; BRIEL, H. von: Die Ermittlung der wirtschaftlichen Nutzungsdauer, S. 17.

Mischformen. Bezüglich der Geschwindigkeit des Verschleißfortschrittes läßt sich eine Unterscheidung treffen in einen degressiv, proportional und progressiv wachsenden Verschleiß (vgl. Abb. 3.4), wie er vielfach dann festzustellen ist, wenn eine genügend große Anzahl von Anlagenelementen über einen längeren Zeitraum beobachtet wird[33]. Diese Entwicklung der Geschwindigkeit des Verschleißfortschritts wurde auch in dieser Reihenfolge bei praktischen Messungen in einer Reihe von Fällen empirisch festgestellt[34].

Die einzelnen Schritte der Analyse und Prognose der Verschleißentwicklung sind in der Abb. 3.5 zusammenfassend dargestellt.

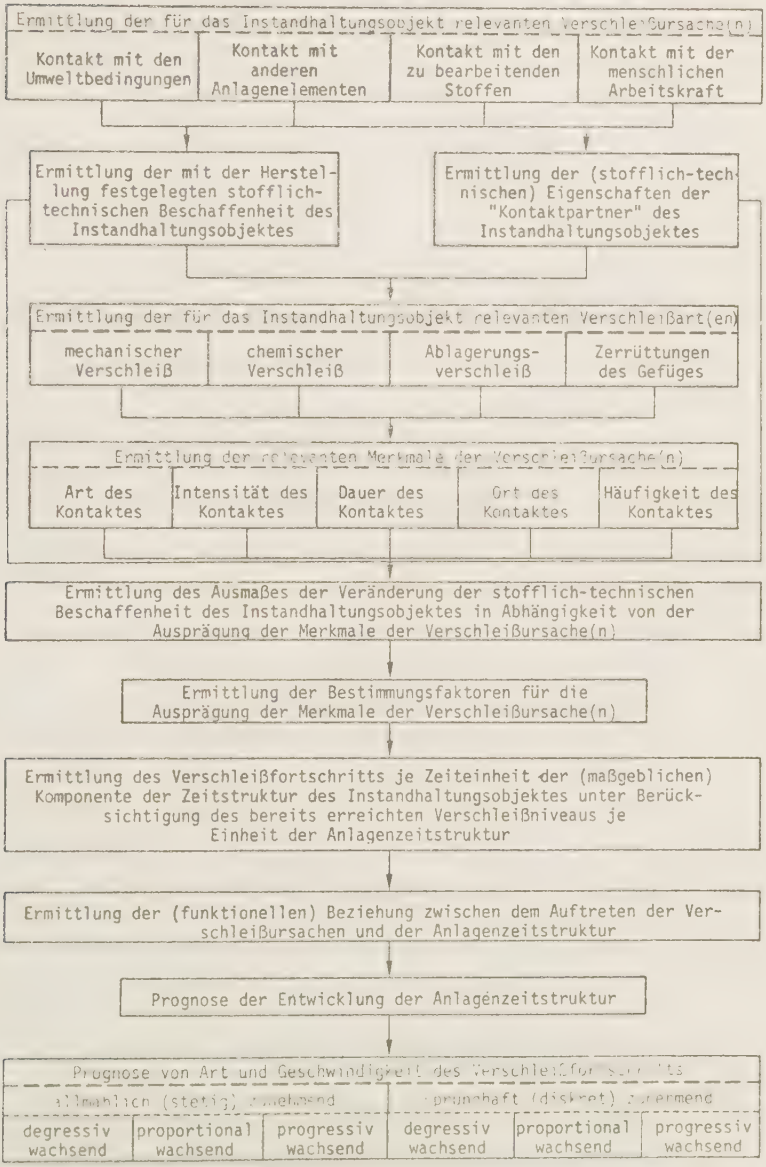
D Mögliche nachteilige wirtschaftliche Auswirkungen des Verschleißes

Obwohl die Verschleißanalyse bereits einen wesentlichen Ansatzpunkt für die Planung des Instandhaltungsbedarfs bietet, reicht sie dazu allein noch nicht aus. Für eine wirtschaftliche Festlegung der Art und Anzahl sowie der Ausführung der Instandhaltungsleistungen sind vielmehr zusätzlich insbesondere auch die für solche Entscheidungen neben den Instandhaltungskosten relevanten ökonomisch nachteiligen Verschleißwirkungen zu beachten. Denn die beschriebenen Verschleißarten und -ursachen können über die Veränderung der stofflich-technischen Beschaffenheit der Instandhaltungsobjekte zu einer Verschlechterung der verwendungs(nutzungs-)bezogenen Eigenschaften der Anlagen und/oder zu nachteiligen Auswirkungen für die Anlagenausmusterung und -verwertung sowie den Anlagenersatz führen. Daneben können auch

---

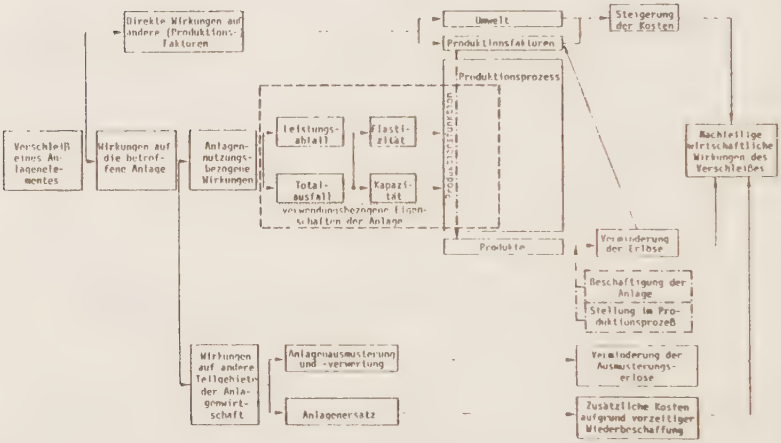
33) Vgl. BECKMANN, G. - MARX, D.: Instandhaltung von Anlagen, S. 48; HOFFMANN, K.: Abnutzung, S. 49.
34) Vgl. BECKMANN, G. - MARX, D.: Instandhaltung von Anlagen, S. 50-54.

Abb. 3.5: Wichtige Stufen der Analyse und Prognose des Verschleißverlaufs eines Instandhaltungsobjektes



andere (Produktions-)Faktoren von dem Verschleiß der Instandhaltungsobjekte unmittelbar betroffen sein, wie dies in Abb. 3.6 schematisch dargestellt ist.

Abb. 3.6: Schematischer Überblick über die vom Verschleiß eines Anlagenelementes ausgehenden güter- und erfolgswirtschaftlichen Auswirkungen

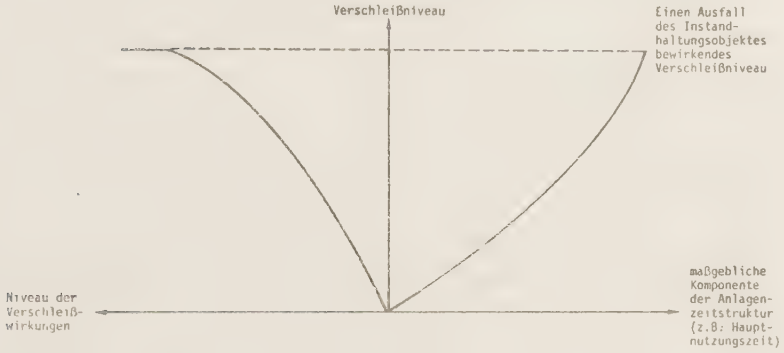


Bezüglich der Entwicklung der nachteiligen wirtschaftlichen Auswirkungen des Verschleißes in Abhängigkeit vom Verschleißverlauf werden in der Literatur insbesondere zwei Annahmen gemacht. Entweder steigen die Verschleißwirkungen mit zunehmendem Verschleiß allmählich an (allmählich abnehmende Nutzenstiftung - vgl. Abb. 3.7 a) oder das Niveau der Verschleißwirkungen bleibt trotz fortschreitenden Verschleißes zunächst konstant, bis der Verschleiß ein Niveau erreicht hat, bei dem die Verschleißwirkungen plötzlich, sprunghaft eintreten (konstante Nutzenstiftung - vgl. Abb. 3.7 b)[35]. Dennoch

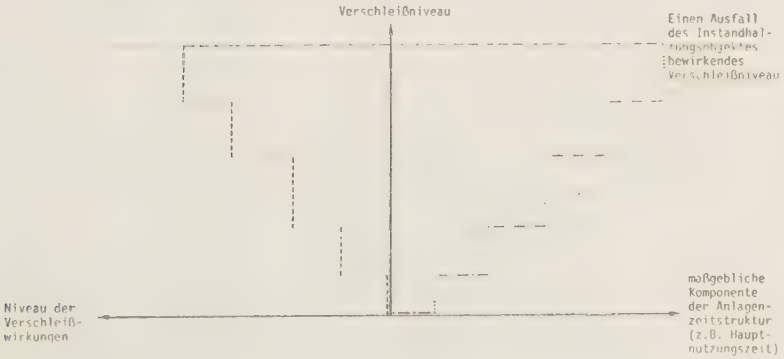
35) Vgl. so auch MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 31-34 und die dort angegebene Literatur. Die in den Abbildungen gewählte Darstellung bedeutet nicht, daß nur ein allmählich ansteigender Verschleiß zu allmählich ansteigenden Verschleißwirkungen führt und nur ein sprunghaft zunehmender Verschleiß sprunghaft zunehmende Verschleißwirkungen erzeugt; vielmehr sind prinzipiell auch alle zwischen diesen Extremen liegenden Formen denkbar.

Abb. 3.7 : Schematische Darstellung der grundsätzlich möglichen Abhängigkeiten der Entwicklung nachteiliger wirtschaftlicher Auswirkungen des Verschleißes vom Verschleißfortschritt

a: bei stetigem Verschleißfortschritt



b: bei diskretem Verschleißfortschritt



bedeutet dies nicht, daß die Entwicklung der Verschleißwirkungen sehr eng mit dem Verschleißverlauf korreliert ist. Vielmehr sind vielfach mit gleichen Verschleißniveaus unterschiedlicher Instandhaltungsobjekte oder eines Instandhaltungsobjektes im Zeitablauf verschiedenartige und im Ausmaß voneinander abweichende Verschleiß-

wirkungen verbunden. Dies liegt insbesondere darin begründet, daß die Verschleißwirkungen außer dem Verschleiß selbst von einer Reihe weiterer Bestimmungsfaktoren abhängen (wie z. B. der Auslastung der Anlagen, mit den Leistungen der Anlage erzielbare Deckungsbeiträge). Da diese ihrerseits in erheblichem Maße von der Gestaltung anderer Teilpläne (vor allem Produktions- und Absatzplanung) beeinflußt werden, ist die Erfassung und Prognose der Entwicklung der Verschleißwirkungen - ähnlich wie die Analyse und Prognose des Verschleißes - ein wenngleich überaus wichtiges, so doch der eigentlichen Instandhaltungsbedarfs- und -kostenplanung vorgelagertes Problem. Daher sollen mögliche nachteilige wirtschaftliche Auswirkungen des Verschleißes bereits an dieser Stelle aufgezeigt werden.

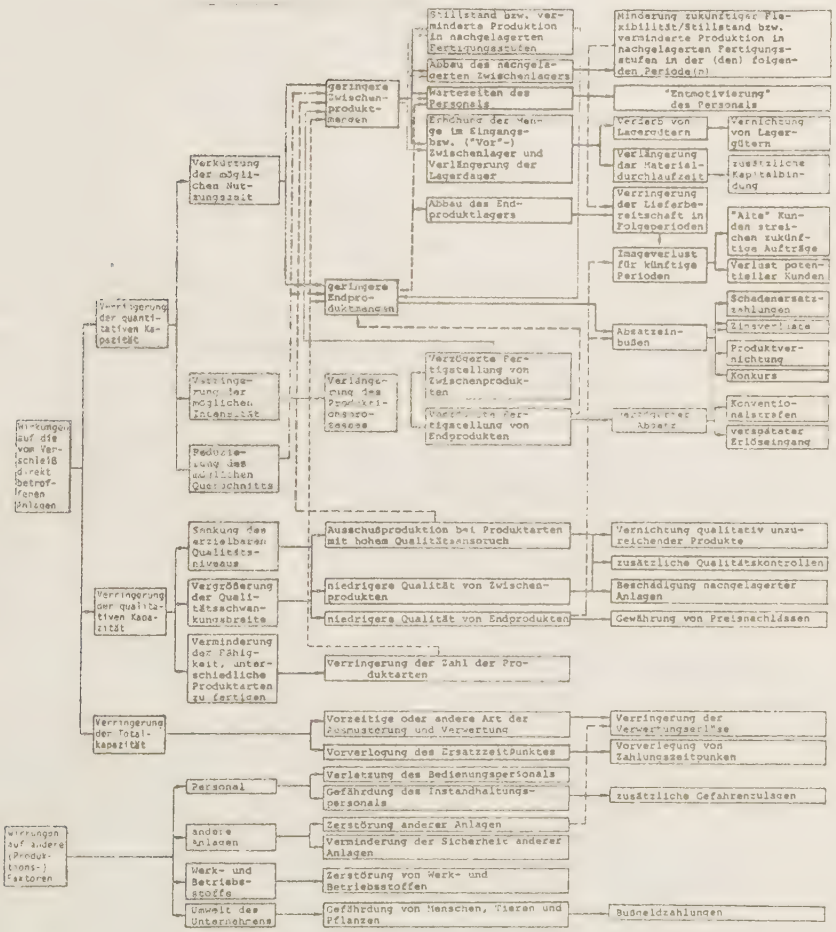
In der Literatur wird der Ermittlung der wirtschaftlichen Auswirkungen des Verschleißes relativ wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Dies mag aus der Ansicht resultieren, daß diese Wirkungen ohnehin nur geschätzt werden können. Das trifft zum Teil sicherlich auch zu. Man kann jedoch einen relativ großen Teil dieser Wirkungen dann eher quantifizieren, wenn man sich bemüht, die Wirkungen aufzuspalten und die einzelnen güterwirtschaftlichen Auswirkungen bis zu den erfolgswirtschaftlichen Konsequenzen zu verfolgen[36]. Dies soll zunächst für die Verschleißwirkungen i.e.S.[37] vorgenommen werden (vgl. hierzu die Abb. 3.8a).

---

36) Bisher hat sich mit dieser Problematik vor allem MÄNNEL auseinandergesetzt: MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 77-82; DERS.: Maschinenausfall-Schäden, S. 46-54; Derselbe: Wirtschaftlichere Fertigung durch Verhütung von Anlagenausfällen, in: ZwF, 64. Jg. (1969), Heft 2, S. 92-95 (I), Heft 3, S. 137-140 (II); Derselbe: Vermeidung von Anlagenausfällen und Ausfallschäden, in: Maschinenmarkt, 75. Jg. (1969), Nr. 27, S. 516-518; DERS.: Ausfallkosten. Vgl. auch, wenngleich weniger ausführlich, REDEKER, G.: Schadensfolgekosten-Ermittlung, S. 211-215; STEFFEN, R.: Analyse, S. 57-63; DIETZ, H.: Reparaturplanungen, bes. S. 47 und 81; SCHEER, A.-W.: Instandhaltungspolitik, S. 27-29; KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 7-9; RINNE, H.: Instandhaltungsstrategien, S. 42-44; HOFFMANN, K.: Abnutzung, S. 36-39

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Abb. 3.8 a: Überblick über mögliche unmittelbar nachteilige wirtschaftliche Auswirkungen des Verschleißes (Verschleißwirkungen i.e.S.) von Instandhaltungsobjekten



Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite.
HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 72-79 und S. 86-89; SPICKENHEUER, W.: Optimale vorbeugende Instandhaltung, S. 14-18.

37) Vgl. zu diesem Begriff den Abschnitt A IV. des ersten Kapitels dieser Arbeit.

Die anlagennutzungsbezogenen Wirkungen des Verschleißes können in einem Totalausfall der Anlage oder in einem Leistungsabfall bestehen, der sich wiederum in einer Verminderung [38] der quantitativen und/oder qualitativen (Perioden-)Kapazität der Anlage äußern kann[39]. Die hieraus resultierenden, in der Abb. 3.8a enthaltenen weiteren Auswirkungen sollen nur potentielle Verschleißwirkungen wiedergeben. Sie sind nicht für jedes Unternehmen in jeder Situation von gleicher Bedeutung und daher auch nicht allgemeingültig angebbar. Da die möglichen weiteren Verschleißwirkungen im einzelnen aus der Abb. 3.8a zu entnehmen sind, sollen hier nur beispielhaft die aus einer Verringerung der möglichen Intensität als einer Komponente der quantitativen Kapazität resultierenden Auswirkungen dargestellt werden.

Eine Verringerung der möglichen Intensität kann zunächst zu einer Verlängerung des Produktionsprozesses führen, die sich in einer verzögerten Fertigstellung von Zwischen- und Endprodukten (in Abhängigkeit von der Fertigungsstufe, in der die betroffene Anlage eingesetzt ist) äußert. Eine verzögerte Fertigstellung von Zwischenprodukten führt innerhalb eines bestimmten Zeitraumes zu

---

38) Daß auch positive Wirkungen des Verschleißes von Anlagenelementen denkbar sind, zeigt sich bspw. an dem nach der "Einfahrzeit" (mit einem bestimmten "Anpassungsverschleiß") größeren Leistungsvermögen von Fahrzeugen. Vgl. SCHWAB, Hermann: Modelltechnologische Grundlagen betrieblicher Anlagenwirtschaft, Zürich, Frankfurt a.M., Thun 1978, S. 149.

39) Zum Begriff der quantitativen und qualitativen Kapazität vgl. RIEBEL, Paul: Die Elastizität des Betriebes, Köln und Opladen 1954, S. 8, 9; SCHÄFER, Erich: Die Unternehmung, Opladen 1974, S. 156f.; ELLINGER, Theodor: Industrielle Einzelfertigung und Vorbereitungsgrad, in ZfhF NF, 15. Jg. (1963), Heft 10, S. 481-499, hier S. 496; STEFFEN, R.: Analyse, S. 42f.; KERN, Werner: Die Messung industrieller Fertigungskapazitäten und ihrer Ausnutzung, Köln und Opladen 1962, S. 27-32; CLAR, Peter: Kapazitätsnutzung in der Industrieunternehmung, Berlin 1964, S. 28-37; BRAUN, Walter: Die Kapazität von Güterkraftverkehrsbetrieben, Diss. Stuttgart 1959, S. 25f.; MÄNNEL, W.: Produktionsanlagen, Sp. 1471-1474.

einer Verringerung der Zwischenproduktmengen, die wiederum Stillstand bzw. verringerte Produktion in nachgelagerten Fertigungsstufen, Abbau des nachgelagerten Zwischenlagers, Wartezeiten des Personals und eine Erhöhung der Menge im Eingangs- bzw. im Zwischenlager vor der betroffenen Anlage und Verlängerung der Lagerdauer nach sich ziehen kann, wobei der Stillstand bzw. die verminderte Produktion in nachgelagerten Fertigungsstufen zu geringeren Endproduktmengen führen kann, ebenso wie die verzögerte Fertigstellung von Endprodukten.

Geringere Endproduktmengen werden in der Regel zunächst einen Abbau des Endproduktlagers (soweit vorhanden) und dann eine Verringerung der Lieferbereitschaft in Folgeperioden und damit einen Imageverlust nach sich ziehen. Dieselbe Wirkung kann sich einstellen, wenn ein Abbau des der jeweiligen Fertigungsstufe nachgelagerten Zwischenlagers erforderlich wird, der zu einer Minderung zukünftiger Flexibilität oder zum Stillstand bzw. zu einer verminderten Produktion in nachgelagerten Fertigungsstufen in der(n) folgenden Periode(n) führen kann.

Wartezeiten des Personals können eine "Entmotivierung" des Personals hervorrufen, wie vor allem dann, wenn das an den Anlagen arbeitende Personal im Leistungslohn beschäftigt ist und während der Wartezeit nicht der durchschnittliche Lohn sondern nur ein Zeitlohn weitergezahlt wird. Die Erhöhung der Menge im Eingangslager und die Verlängerung der Lagerdauer können zur Folge haben, daß Lagergüter verderben, die dann vernichtet werden müssen und/oder die Materialdurchlaufzeit verlängert wird, was eine zusätzliche Kapitalbindung zur Folge hat, sofern sich auch eine Verschiebung der Zahlungszeitpunkte ergibt.

Ein Imageverlust kann zum einen "alte" Kunden veranlassen, geplante weitere Aufträge zu streichen und zum anderen den Verlust potentieller "neuer" Kunden bedeuten. Absatzeinbußen können zunächst Erlöseinbußen und damit Zinsverluste zur Folge haben. Schließlich können (je

nach Vertragsgestaltung) Schadenersatzzahlungen zu leisten sein und/oder es müssen (nicht mehr absetzbare) Produkte vernichtet werden. Letzlich ist sogar ein Konkurs möglich. Demgegenüber führt ein verzögerter Absatz zu verspätetem Erlöseingang und somit zu einem Zinsverlust oder möglicherweise zu Konventionalstrafen. Diese Auswirkungen schlagen sich dann in quantitativ oder zumindest qualitativ zu erfassenden Kostensteigerungen, Erlösrückgängen oder Verminderungen der Deckungsbeiträge nieder.

Diese nachteiligen Verschleißwirkungen (i.e.S.) lassen sich allerdings durch geeignete Maßnahmen reduzieren[40]. Erstens können diese Wirkungen durch solche Maßnahmen vermindert werden, die entweder das Ergebnis des Produktionsprozesses in positiver Weise verändern - wie z. B. Nacharbeit bei einem Rückgang der Qualität der Produkte - oder die Art und Menge der im Produktionsprozeß eingesetzten Produktionsfaktoren erhöhen - um beispielsweise den wegen Ausschuß entgangenen Produktionsausfall "aufzuholen". Diese Maßnahmen - das sollten die Beispiele verdeutlichen - setzen somit nicht unmittelbar an der Ursache des Entstehens der nachteiligen Wirkungen an, sondern sie sollen allein das Ausmaß, die Höhe der Verschleißwirkungen reduzieren. Diesbezüglich ist auch der in der Literatur weit verbreiteten Meinung, daß ein Mehrverbrauch an Stoffen und/oder Energien (z. B. beim Verschleiß eines Verbrennungsmotors) als unmittelbare Verschleißwirkung anzusehen sei, bei genauerer Betrachtung nicht zuzustimmen. Der Verschleiß (des Motors) führt zunächst vielmehr zu einer Verringerung der Kapazität der Anlage (die ganz oder teilweise von diesem Motor angetrieben wird - so wird z. B. die mögliche Nutzungszeit des Motors und damit zumindest eines Teiles der Anlage herabgesetzt). Führt man nun, um die geplante Ausnutzung der Kapazität aufrechtzuerhalten, zusätzliche Stoffe

---

40) Vgl. hierzu auch den Abschnitt A IV. des ersten Kapitels dieser Arbeit.

und/oder Energien zu, so ist dies bereits eine Maßnahme zur Reduzierung der Höhe der unmittelbaren Verschleißwirkungen[41].

Zweitens können die unmittelbaren Verschleißwirkungen durch solche Maßnahmen vermindert bzw. vermieden werden, die den Verschleiß selbst beeinflussen, so vor allem durch die Instandhaltungsmaßnahmen. Durch Instandhaltungsmaßnahmen können darüber hinaus die wirtschaftlichen Nachteile, die mit der Durchführung der Maßnahmen zur Reduzierung der Höhe der unmittelbaren Verschleißwirkungen verbunden sind, vermindert werden.

Drittens schließlich können Maßnahmen ergriffen werden, die das Instandhaltungsobjekt so gestalten (durch entsprechende Konstruktionen bei der Herstellung oder durch konstruktive Änderungen im Zuge von Anlagenverbesserungsmaßnahmen), daß es weniger verschleißanfällig, widerstandsfähiger ist. Diese Maßnahmen, die in dieser Arbeit nicht weiter verfolgt werden sollen, ermöglichen außerdem eine Reduzierung der mit Instandhaltungsmaßnahmen und der mit Maßnahmen zur Reduzierung der Höhe der unmittelbaren Verschleißwirkungen verbundenen Kosten.

In der Abb. 3.8b sind mögliche wirtschaftliche Nachteile zusammengefaßt, die entstehen können, wenn Maßnahmen ergriffen werden, um die Verschleißwirkungen (i.e.S.) in ihrem Ausmaß zu reduzieren. Hierzu werden zunächst jeweils die Verschleißwirkungen (i.e.S.) aufgeführt, zu deren Beeinflussung man über die anschließend aufgeführten denkbaren Alternativen zu ihrer Reduzierung - einzeln oder kombiniert - zu disponieren hat. Mit der Durchführung dieser Maßnahmen sind jedoch wiederum nachteilige ökonomische Konsequenzen verbunden, die ebenso wie die

41) Vgl. z.B. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 32; STEFFEN, R.: Analyse, S. 62; HALL, Rüdiger: Das Rechnen mit Einflußgrößen im Stahlwerk, Köln und Opladen 1959, S. 120; KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 9.

Abb. 3.8 b: Überblick über die nachteiligen wirtschaftlichen Auswirkungen (Verschleißwirkungen i.w.S.) von Maßnahmen zur Reduzierung der unmittelbaren ökonomisch nachteiligen Auswirkungen (Verschleißwirkungen i.e.S.) des Verschleißes von Instandhaltungsobjekten

unmittelbaren Verschleißwirkungen nicht allgemeingültig, auf jeden Fall zutreffend, angegeben werden können, sondern der jeweiligen betrieblichen Situation angepaßt[42)] zu ermitteln sind. Zur Erläuterung der Abbildung soll auch hier eine mögliche Maßnahme zur Reduzierung der unmittelbaren Verschleißwirkung herausgegriffen werden.

Wird für den Fall, daß geringere Zwischenproduktmengen in Kauf genommen werden müssen, ein Fremdbezug von Zwischenprodukten einer höheren Verarbeitungsstufe vorgesehen - um so den Leistungsabfall oder -ausfall einer Fertigungsstufe aufzufangen - kann dies zu einer Verlängerung der Lagerdauer der Zwischenprodukte führen, die im Zwischen- (oder Eingangs-)Lager vor der vom Verschleiß betroffenen Anlage liegen. Dies kann wiederum dazu führen, daß diese Zwischenprodukte verderben und unter Inkaufnahme zusätzlicher Kosten vernichtet werden müssen. Sofern dies nicht eintritt, führt die verlängerte Lagerung - sofern auch die Zahlungszeitpunkte verschoben werden - zu einer zusätzlichen Kapitalbindung. Schließlich muß möglicherweise ein Entgang an Mengenrabatten (Boni) in Kauf genommen werden, weil die Stoffe zur Herstellung dieser Zwischenprodukte nicht mehr in denselben Mengen bezogen werden.

Aufgrund des Fremdbezugs von Zwischenprodukten einer höheren Verarbeitungsstufe können Wartezeiten des Personals an der betroffenen Anlage bzw. möglicherweise auch in nachgelagerten Fertigungsstufen anfallen (die beispielsweise beim Einsatz von Reserveanlagen entfallen könnten) und zu einer "Entmotivierung" des Personals (vor allem für im Leistungslohn Beschäftigte)

---

42) Diese ökonomischen Konsequenzen sind für den jeweiligen Anwendungsfall noch durch Aussagen darüber zu ergänzen, ob und gegebenenfalls in welchem Umfang sie zu Kostensteigerungen, Erlösreduzierungen oder Deckungsbeitragsminderungen führen; darauf wurde in der Abb. 3.8b (wie auch schon in der Abb. 3.8a) verzichtet.

führen. Diese Wartezeiten können darüber hinaus, insbesondere wenn es sich um längere Zeiträume handelt, den Nachteil mit sich bringen, daß das Personal beim Wiedereinsatz an der Anlage anfänglich nicht mehr mit derselben Geübtheit arbeiten kann und somit eine Einbuße an Effizienz entsteht, bis der Mangel an Übung behoben ist. Derselbe Nachteil kann eintreten, wenn das Personal in anderen Bereichen eingesetzt wird und hier nicht dieselbe Geübtheit aufweist wie die anderen ständig an den betreffenden Einsatzstellen Beschäftigten.

Mit dem Fremdbezug von Zwischenprodukten einer höheren Verarbeitungsstufe ist die Durchführung zusätzlicher Beschaffungen verbunden, die zudem von der Beschaffung der üblicherweise bereitgestellten Stoffe hinsichtlich der Beschaffungsobjekte abweicht und auch bezüglich der Art des Beschaffungsprozesses bzw. seiner Stufen unterschiedlich sein kann. Die bereitzustellenden anderen Beschaffungsobjekte werden vielfach höhere beschaffungsmengenabhängige Kosten verursachen als die relevanten Kosten bei Eigenfertigung; hinzu können Mindermengenzuschläge kommen.

Schließlich sind vielfach Eilbestellungszuschläge zu zahlen und zusätzliche Beschaffungs(teil-)prozesse (z. B. Lieferantensuche, Angebotseinholung, -prüfung usw.) durchzuführen, die zusätzliche beschaffungsprozeßabhängige Kosten verursachen.

Aus dem Fremdbezug von Zwischenprodukten einer höheren Verarbeitungsstufe kann eine verzögerte Bereitstellung dieser Beschaffungsobjekte für (die) nachgelagerte(n) Fertigungsstufe(n) resultieren, die hier wiederum zu einem Stillstand bzw. zu verminderter Produktion führen kann, woraus sich dann geringere Endproduktmengen ergeben[43]. Die verzögerte Bereitstellung kann aber auch

---

43) Die möglichen in der Abb. 3.8b aufgeführten Konsequenzen von Alternativen zur Verringerung dieser Wirkung sollen hier nicht näher diskutiert werden.

erfolgsmäßig nachteilige Anpassungsprozesse und Reihenfolgeänderungen in den nachgelagerten Fertigungsstufen auslösen.

Möglicherweise sind bei einem Fremdbezug von Zwischenprodukten einer höheren Verarbeitungsstufe nur schlechtere Qualitäten bereitstellbar, so daß in den nachgelagerten Fertigungsstufen Nacharbeit und zusätzliche Qualitätskontrollen (weil eine stichprobenmäßige Kontrolle nicht mehr ausreicht) erfolgen müssen.

Schließlich kann die Bereitstellung von Zwischenprodukten einer höheren Verarbeitungsstufe Anlaß zur Wahl eines anderen Fertigungsverfahrens in der (den) nachgelagerten Fertigungsstufe(n) sein, das entsprechende kostenmäßige, qualitative, zeitliche und sonstige Nachteile mit sich bringen kann.

Diese nachteiligen Verschleißwirkungen, die zwar in der Regel auf ein bestimmtes Anlagenelement zurückzuführen sind, jedoch in der Regel nur (bzw. sogar höchstens) bezogen auf die Anlage und/oder andere (Produktions-) Faktoren meßbar sind, können vermindert oder ganz vermieden werden, wenn man die stofflich-technische Beschaffenheit der Instandhaltungsobjekte durch verschleißhemmende und/oder verschleißbeseitigende Maßnahmen auf einem solchen Stand hält, daß diese Wirkungen nicht eintreten können bzw. so niedrig gehalten werden, daß die Summe aus diesen nachteiligen Wirkungen und den Instandhaltungskosten ein Minimum annimmt. Hierzu ist eine - diese nachteiligen Wirkungen berücksichtigende - Planung von Instandhaltungsmaßnahmen notwendig, die im nächsten Kapitel beschrieben werden soll.

Viertes Kapitel
Planung der Instandhaltungsleistungen

Gegenstand dieses Kapitels ist zunächst die Planung der Instandhaltungspolitik für einzelne Instandhaltungsobjekte. Dabei stehen weniger Optimierungsrechnungen und Entscheidungsmodelle im Vordergrund als vielmehr die Untersuchung, welche Einflußgrößen die Planung der Instandhaltungspolitik bestimmen. Anschließend wird herausgearbeitet, wie die Festlegung der Instandhaltungspolitik(en) für die einzelnen Instandhaltungsobjekte die Planung des periodenbezogenen Programms an Instandhaltungsleistungen für die Gesamtheit der Instandhaltungsobjekte beeinflußt und welche weiteren Bestimmungsfaktoren dabei zu beachten sind.

A Planung der Instandhaltungspolitik für einzelne Instandhaltungsobjekte

I. Begriff und Inhalt der Instandhaltungsleistung

Bevor im einzelnen auf die Bestimmungsfaktoren des Bedarfs an Instandhaltungsleistungen eingegangen werden kann, ist es zunächst erforderlich, die Instandhaltungsleistung selbst inhaltlich zu umreißen. Ein Problem bereitet diesbezüglich vor allem das relativ breite Spektrum von Instandhaltungsleistungen[1], das auf mehrere Ursachen zurückzuführen ist. Ein erster wesentlicher Grund dafür, daß es d i e Instandhaltungsleistung nicht gibt, ist in deren unterschiedlichen Zielen und Arbeitsinhalten zu sehen. Daher muß man für eine Spezifizierung von Instandhaltungsleistungen zumindest zwischen Ver-

1) Hierauf verweist insbesondere HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 267-271. Vgl. auch MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 89.

schleißbeobachtung, Verschleißhemmung und Verschleißbeseitigung differenzieren[2]. Mit dieser Untergliederung allein ist die Heterogenität der Instandhaltungsleistungen jedoch noch nicht ausreichend erfaßt. Vielmehr hat man zusätzlich zu beachten, daß die genannten Leistungsarten in Abhängigkeit von dem jeweiligen Instandhaltungsobjekt unterschiedlich zu gestalten sind[3]. Da die Instandhaltungsobjekte außerdem unterschiedlichen Verschleißarten unterliegen können, setzt die Formulierung von Instandhaltungsleistungen desweiteren die Bezugnahme auf die Art bzw. Erscheinungsform des Verschleißes voraus, deren Beseitigung den Gegenstand der Instandhaltungsleistungen bildet[4]. Schließlich sind zur Konkretisierung einer Instandhaltungsleistung auch deren Qualität und Umfang anzugeben[5]. Diese zur Beschreibung einer Instandhaltungsleistung wesentlichen Merkmale sollen im folgenden auf die verschiedenen Leistungsarten bezogen werden.

---

2) HERZIG (N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 267f.) verwendet zur Kennzeichnung dieses Sachverhalts den Begriff des (unterschiedlichen) "Einwirkungsgrades" auf die Instandhaltungsobjekte. Gegenüber diesem relativ abstrakten Begriff (der bspw. zudem auch den Grad der nutzungsbedingten "Einwirkung" umfassen könnte) erscheinen dem Verfasser die hier gewählten Differenzierungskriterien präziser und damit aussagefähiger.

3) Hierauf verweist ebenfalls HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 267f.

4) Erst dann nämlich kann die Instandhaltungsleistung konkretisiert werden und z. B. die Verhinderung (Hemmung) der (negativ formulierten) Art bzw. Erscheinungsform des Verschleißes - wie etwa: Verhinderung der Korrosion des Instandhaltugnsobjektes x - in eine (positiv formulierte) spezifizierte Instandhaltungsleistung - wie etwa: Erneuerung des Schutzanstrichs - umgesetzt werden. Besonders wichtig ist dies dann, wenn das betreffende Instandhaltungsobjekt mehreren Verschleißarten unterliegt und diese nicht alle gleichzeitig (bspw. durch einen Austausch des gesamten Objektes) bekämpft werden sollen.

5) HERZIG (N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 267) bezeichnet diese Heterogenitätsursache als Maßnahmenextension bzw. Maßnahmendimension.

Das Ziel von Verschleißbeobachtungsmaßnahmen ist die (rechtzeitige) Bereitstellung von geeigneten Informationen über das zu einem bestimmten Zeitpunkt eingetretene Verschleißniveau oder die voraussichtliche Verschleißentwicklung eines bestimmten Instandhaltungsobjektes zur Planung von Maßnahmen der Verschleißhemmung und -beseitigung[6]. Der Arbeitsinhalt besteht - daraus abgeleitet - in der Feststellung der Ausprägung eines oder mehrerer das Verschleißniveau kennzeichnender Merkmale der stofflich-technischen Beschaffenheit des betreffenden Instandhaltungsobjektes. Um das Ziel der Verschleißbeobachtung zu erreichen, muß außerdem noch die Einordnung der festgestellten Merkmalsausprägung in den Bereich der zulässigen Merkmalsausprägungen erfolgen, um ein Urteil über das Verschleißniveau abgeben zu können. Die Qualität von Verschleißbeobachtungsleistungen kann variieren, weil zum einen Unterschiede in der Erfassung der Merkmalsausprägungen des Verschleißes selbst möglich sind (direkte, indirekte Inspektionen) und zum anderen sowohl der zulässige Bereich der Merkmalsausprägungen nicht mit Sicherheit bekannt als auch die Einordnung der festgestellten Merkmalsausprägung in diesen Bereich - die Angabe des Verschleißniveaus also - schwierig sein kann.

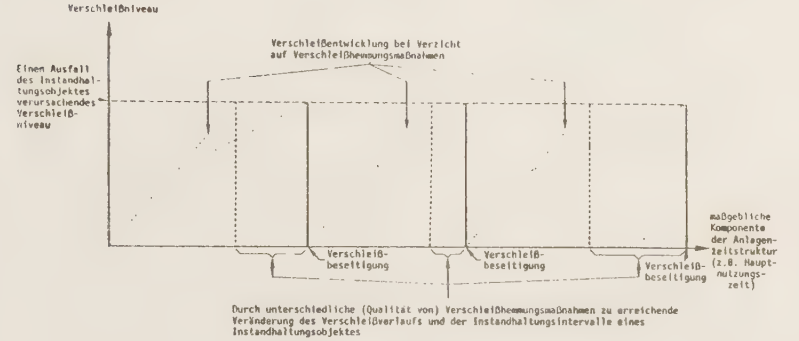
Ziel von Verschleißhemmungsmaßnahmen ist es, eine Verlangsamung der (negativen) Veränderung eines oder mehrerer Merkmale der stofflich-technischen Beschaffenheit eines Instandhaltungsobjektes zu bewirken. Dies kann durch Beeinflussung bzw. Veränderung der Eigenschaften des betreffenden Objektes selbst oder eines seiner Kontaktpartner bzw. eine Beeinflussung der Merkmale des Kontaktes erreicht werden. Unterschiede in der Qualität bzw. dem Umfang der Verschleißhemmung lassen sich durch

---

6) Dabei kann sich die Verschleißbeobachtung sowohl auf die Feststellung des Verschleißniveaus bzw. der Verschleißentwicklung hinsichtlich einer oder gleichzeitig mehrerer Verschleißarten beziehen, als auch auf die Gewinnung von Informationen über Erscheinungsformen und Ursachen des Verschleißes eines bestimmten Instandhaltungsobjektes überhaupt.

den erreichten Grad der Verzögerung des Verschleißfortschritts zum Ausdruck bringen (vgl. Abb. 4.1).

Abb. 4.1: Schematische Darstellung der Auswirkungen unterschiedlicher (Qualität von) Verschleißhemmungsmaßnahmen auf den Verschleißverlauf und die Verschleißbeseitigungsintervalle



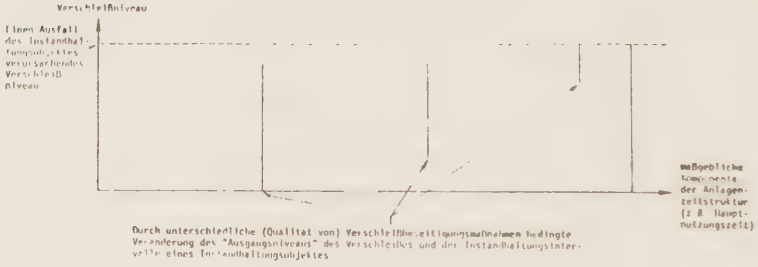
Das Ziel der Verschleißbeseitigungsmaßnahmen liegt demgegenüber nicht in einer Veränderung von Art und Geschwindigkeit der Verschleißentwicklung, sondern ist darauf gerichtet, das Ausgangsniveau des Verschleißprozesses (positiv) zu verändern, wozu Maßnahmen ergriffen werden, die allein die betreffende(n) Eigenschaft(en) des Instandhaltungsobjektes selbst variieren. Die Qualität bzw. der Umfang solcher Maßnahmen zeigt sich darin, inwieweit es gelingt, das bei dem betreffenden Objekt bezüglich der jeweiligen Eigenschaft(en) ursprünglich bei der Herstellung erreichte Niveau wiederherzustellen bzw. - sofern das nicht möglich ist[7] - die ursprünglichen Fähigkeiten zurückzugeben (vgl. Abb. 4.2).

II. Instandhaltungspolitik und Instandhaltungsstrategie

Die Konkretisierung des Bedarfs an Instandhaltungsleistungen der Planperiode hat in erster Linie darauf abzu-

7) Man denke etwa an das Nachschleifen eines Drehmeißels, wodurch dessen "Nutzungspotential" immer mehr abgebaut wird.

Abb. 4.2: Schematische Darstellung der Auswirkungen unterschiedlicher (Qualität von) Verschleißbeseitigungsmaßnahmen auf den Verschleißverlauf und die Verschleißbeseitigungsintervalle



stellen, welche Instandhaltungsleistungen für welches Instandhaltungsobjekt in welcher Häufigkeit bzw. wann zu erbringen sind. Dies festzulegen, ist Inhalt der Gestaltung der Instandhaltungspolitik. Wegen dieser besonderen Bedeutung wird die Planung der Instandhaltungspolitik auch als das eigentliche instandhaltungspezifische Problem angesehen[8].

Daher ist hier zunächst der Begriff "Instandhaltungspolitik" näher zu erläutern. Insbesondere wird eine Abgrenzung zum Begriff "Instandhaltungsstrategie" erforderlich, der in der Literatur teilweise synonym zu dem der Instandhaltungspolitik verwendet wird, teilweise aber auch mit einem anderen Inhalt belegt wird. Da der Begriff "Instandhaltungsstrategie" im deutschsprachigen Schrifttum häufiger - in allerdings unterschiedlicher Auslegung - verwendet wird, soll dieser zunächst kurz umrissen werden.

Nach einer häufig anzutreffenden Definition ist eine Instandhaltungsstrategie "...eine Regel, die angibt, in welcher zeitlichen Folge welche Instandhaltungsaktionen

---

8) Vgl. hierzu z. B. SCHELO, S. J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 16; KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 3-7; ORDELHEIDE, D.: Instandhaltungsplanung, S. 121.

durchzuführen sind"[9]. Obwohl diese Definition auf den ersten Blick eindeutig erscheinen mag, werden daraus in der Literatur unterschiedlich weite Begriffsauslegungen abgeleitet. Dies liegt unter anderem an voneinander abweichenden Interpretationen des Passus' "...welche Instandhaltungsaktionen...". Einerseits wird - in relativ enger Fassung - davon ausgegangen, daß gesondert für jede Art von Instandhaltungsaktionen nur die zeitliche Struktur der Durchführung dieser Leistungsarten festzulegen sei. Dies kommt vor allem in Begriffen wie Reparaturstrategien[10], Ersatzstrategien[11], Wartungsstrate-

---

9) MERTENS, P.: Die gegenwärtige Situation, S. 8o8; vgl. ebenso STEFFEN, R.: Analyse, S. 65; MÄNNEL, W.: Vorbeugende Instandhaltung, S. 8; BUSSMANN, Karl F. - KRESS, Heinz, - KUHN, Michael: Instandhaltungsstrategien als Mittel zur Senkung der Instandhaltungskosten und zur Steigerung der Kapazitätsausnutzung industrieller Fertigungsanlagen, in: Operations Research und Datenverarbeitung bei der Instandhaltungsplanung, hrsg. von Karl F. BUSSMANN und Peter MERTENS, Stuttgart 1968, S. 31-4o, hier S. 31; VOIGT, J.-P.: Erfassung, Auswertung und Nutzung von Schadendaten, S. 33; WOLFF, M.: Optimale Instandhaltungspolitiken, S. 36; KRESS, H.: Untersuchungen zur Bestimmung der optimalen Organisation von Instandhaltungsarbeiten, S. 24; STEFFEN, R.: Anlagenkosten, S. 3o4; KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 3.

1o) Vgl. so MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 68; DERS.: Vorbeugende Instandhaltung, S. 8; ORDELHEIDE, D.: Instandhaltungsplanung, S. 59; SCHWARZ, Friedrich: Die Ermittlung der optimalen Reparatur- oder Ersatzstrategie mit Hilfe der Simulation und mit Hilfe analytischer Methoden, in: Operations Research und Datenverarbeitung bei der Instandhaltungsplanung, hrsg. von Karl F. BUSSMANN und Peter MERTENS, Stuttgart 1968, S. 4o-51, hier S. 4o; PUSCHER, Jörn-Wilfried Fedor: Theoretisches Modell zur Beurteilung von Instandhaltungsstrategien unter Beachtung der Verhältnisse im Steinkohlenbergbau des Ruhrgebietes, Diss. Aachen 1977, S. 89; SCHELO, S. J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 21.

11) Vgl. BÖTTCHER, J.: Ersatz von Baueinheiten, S. 22; SCHWARZ, F.: Die Ermittlung der optimalen Reparatur- oder Ersatzstrategie, S. 4o; SPITTA, Thorsten: Entwurf und Implementierung eines praxisnahen Modells zur Simulation von Großmaschinen zwecks Darstellung und Beurteilung ihres Ausfallverhaltens unter kostengünstigen Instandhaltungsstrategien, Diss. Berlin 1976, S. 33; PUSCHER (J.-W. F.: Theoretisches Modell zur Beurteilung von Instandhaltungsstrategien, S. 89) benutzt die Bezeichnung "Austauschstrategien".

gien[12], Verschleißhemmungsstrategien[13] und Inspektionsstrategien[14] zum Ausdruck. Andererseits wird die Meinung vertreten, die Strategieplanung bestehe gerade darin, mit der Gestaltung der zeitlichen Struktur der Maßnahmendurchführung gleichzeitig auch die Kombination der einzelnen Arten von Instandhaltungsaktionen festzulegen[15]. Wird als ein wesentliches Merkmal von Instandhaltungsstrategien deren Maßnahmenbezug angesehen - und davon soll in dieser Arbeit ausgegangen werden (wie dies auch überwiegend in der Literatur geschieht), dann ist für die Fassung des Strategiebegriffs von bestimmten Leistungsarten auszugehen, die sich vor allem durch die Zielsetzung unterscheiden. Daher wird im weiteren in Verschleißbeobachtungs-, Verschleißhemmungs- und Verschleißbeseitigungsstrategien differenziert.

Neben der Art bzw. der Zielsetzung der Maßnahmen ist insbesondere die zeitliche Struktur der Maßnahmenfolge ein zweites begriffskonstituierendes Merkmal von Instandhal-

---

12) Vgl. BUSSMANN, Karl F. - KITTEL, Horst - KRESS, Heinz - KUHN, Michael - MERTENS, Peter: Instandhaltungsplanung, -steuerung und -kontrolle, in: Industrielle Produktion, hrsg. von Klaus AGHTE, Hans BLOHM und Erich SCHNAUFER, Baden-Baden - Bad Homburg 1967, S. 479-499, hier S. 484-489; PUSCHER, J.-W. F.: Theoretisches Modell zur Beurteilung von Instandhaltungsstrategien, S. 86; OESTERER, Dieter: Auswahl einer optimalen Ersatzstrategie mit Hilfe eines Entscheidungsdiagramms, in: Zeitschrift für Operations Research, Bd. 17 (1973), S. B39-B46, hier S. B39.

13) So MÄNNEL, W.: Vorbeugende Instandhaltung, S. 19.

14) Vgl. MÄNNEL, Wolfgang: Inspektion von Anlagen, S. 591-598; DERS.: Vorbeugende Instandhaltung, S. 19; MERTENS, Peter: Instandhaltungsstrategien, in: Veröffentlichungen zum 1. Europäischen Kongreß Instandhaltung, S. 97-118, hier S. 11of.; BEICHELT, Frank: Optimale Instandhaltung, Berlin 1974, insbes. S. 59-65; SPITTA, T.: Entwurf und Implementierung, S. 33.

15) So gehen z. B. BUSSMANN (K. F. u. a.: Instandhaltungsstrategien, S. 32f.) davon aus, daß die Instandhaltungsaktionen (Inspektion, Wartung, Reparatur und Ersatz ganzer Anlagen) zu Strategien zu kombinieren sind, schließen aber gleich darauf Wartung und Ersatz aus und kommen so schließlich zu vorbeugenden Reparaturstrategien einerseits und zu Inspektionsmodellen andererseits.

tungsstrategien. Die zeitliche Strukturierung muß dabei jeweils auf ein bestimmtes Instandhaltungsobjekt bezogen festgelegt werden. Ohne diesen Objektbezug, der in der Literatur vielfach nicht gesehen, zumindest aber nicht erwähnt wird[16], ist die Abfolge der den Verschleißprozeß beobachtenden und beeinflussenden Maßnahmen nicht bestimmbar, weil sie jeweils nur in Abhängigkeit von dem objekt(typ)spezifischen Verschleißprozeß konkretisiert werden kann. Instandhaltungsstrategien sollen somit als Regeln verstanden werden, die die zeitliche Struktur der Abfolge einer bestimmten Art von Instandhaltungsleistungen an einem bestimmten Instandhaltungsobjekt festlegen[17].

Wie schon angedeutet, werden die Begriffe "Instandhaltungsstrategie" und "Instandhaltungspolitik" in der Literatur mit unterschiedlichem Inhalt belegt. Zum Teil werden beide gar nicht differenziert, sondern synonym verwendet, wie dies in Begriffen wie Inspektionspolitik, Reparaturpolitik, Ersatzpolitik und ähnlichen zum Ausdruck kommt[18].

---

16) Vgl. so z. B. SCHELO, S. J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 116; STEFFEN, R.: Analyse, S. 65; MERTENS, P.: Die gegenwärtige Situation, S. 808; MÄNNEL, W.: Vorbeugende Instandhaltung, S. 8.

17) Nur wenige Autoren nehmen den Objektbezug unmittelbar in die Definition der Instandhaltungsstrategie auf. Solche Ausnahmen bilden etwa RINNE, Horst: Untersuchungen über optionale Präventivstrategien in der Instandhaltung, in: Zeitschrift für Operations Research, Bd. 17 (1973), S. B13-B24, hier S. B13; BUSSMANN, K. F. u. a.: Instandhaltungsstrategien, S. 31, wonach bspw. Instandhaltungsstrategien Regeln sind, "...die angeben, zu welchem Zeitpunkt welche Instandhaltungsaktion an welchem Objekt vorgenommen werden soll." Vgl. ähnlich KRESS, H.: Untersuchungen zur Bestimmung der optimalen Organisation von Instandhaltungsarbeiten, S. 24f.

18) Vgl. beispielsweise NEUVIANS, G. - ZIMMERMANN, H. J.: Die Ermittlung optimaler Ersatz- und Instandhaltungspolitiken mit Hilfe des dynamischen Programmierens, in: Ablauf- und Planungsforschung, 11. Jg. (1970), Heft 2, S. 94-104, hier S. 94f.; WOLFF, M.: Optimale Instandhaltungspolitiken, z. B. S. 38; MERTENS, P.: Die gegenwärtige Situation, S. 821; ORDELHEIDE, Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Demgegenüber wird die Instandhaltungsstrategie auch weiter gefaßt als die Instandhaltungspolitik, wenn die Instandhaltungsstrategie als "Teilmenge möglicher Instandhaltungspolitiken"[19] verstanden wird.

Interpretiert man demgegenüber die Instandhaltungspolitik als die zweckmäßige Kombination von Instandhaltungsstrategien für ein Instandhaltungsobjekt, so bedeutet dies, daß es Aufgabe der Instandhaltungspolitik ist, die (aufgrund der genannten Wesensmerkmale) unterschiedlichen Instandhaltungsstrategien für ein Instandhaltungsobjekt so miteinander zu verknüpfen und aufeinander abzustimmen, daß das Instandhaltungsobjekt insgesamt wirtschaftlich instandgehalten wird[20].

Vor einer konkreten Festlegung einer so verstandenen Instandhaltungspolitik sind zunächst die Handlungsalternativen aufzuzeigen. Diesem Zweck dient der folgende Abschnitt über wichtige Erscheinungsformen von Instandhaltungsstrategien.

III. Überblick über wichtige Erscheinungsformen von Instandhaltungsstrategien

Die im vorhergehenden Abschnitt behandelten Wesensmerkmale von Instandhaltungsstrategien sind zugleich ein erster Ansatzpunkt für eine Differenzierung und Systematisierung von Instandhaltungsstrategien.

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
D.: Instandhaltungsplanung, S. 6o-66; SCHEER, A.-W.: Instandhaltungspolitik, z. B. S. 56; VOIGT, J.-P.: Erfassung, Auswertung und Nutzung von Schadendaten, S. 33.

19) So KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 3 und 156f.

2o) Vgl. so auch SCHWAB, H.: Anlagenwirtschaft, S. 213. Diese Begriffsinterpretation entspricht auch in etwa dem Begriff der "Instandhaltungskonzeption" von HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 351.

1. Instandhaltungsmaßnahmenbezogene Merkmale als Systematisierungskriterien von Instandhaltungsstrategien

(a) Art bzw. Zielsetzung der Instandhaltungsmaßnahmen

Nach der Art der Instandhaltungsmaßnahmen lassen sich Verschleißbeobachtungs- bzw. Inspektions-, Verschleißhemmungs- und Verschleißbeseitigungsstrategien unterscheiden. Auf diese Arten von Maßnahmen wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen, da sie bereits eingehend diskutiert wurden[21].

(b) Zeitliche Struktur der Instandhaltungsmaßnahmen

Bezüglich des Zeitpunktes der Durchführung der Instandhaltungsmaßnahmen kann man zunächst danach differenzieren, ob dieser vor oder nach der Entstehung eines Ausfallschadens bzw. vor oder nach dem Erreichen eines bestimmten Niveaus der Verschleißwirkungen liegt. Die Maßnahmen jeweils erst nach der Entstehung eines Ausfallschadens durchzuführen, wird in der Literatur auch als "Feuerwehr-"[22], "Havarie-"[23] oder "Basisstrategie"[24] bezeichnet. Bei Anwendung dieser Strategie werden somit die Maßnahmen immer zu Zeitpunkten durchgeführt, die unmittelbar vom Verschleiß bestimmt und somit zumindest bezüglich des Zeitpunktes nicht geplant sind. Da der

---

21) Vgl. hierzu den Abschnitt A II. des ersten Kapitels sowie den Abschnitt A I. dieses Kapitels dieser Arbeit.

22) Vgl. so. z. B. ORDELHEIDE, D.: Instandhaltungsplanung, S. 6o; VOIGT, J.-P.:Erfassung, Auswertung und Nutzung von Schadendaten, S. 38f.; DOBLER, G.: Ein umfassendes Mensch-Maschine-Kommunikations-Modell, S. 54.

23) Vgl. z. B. BEICHELT, F.: Optimale Instandhaltung, S. 28; KREUL, Johannes: Ermittlung optimaler Instandhaltungsstrategien, in: Energietechnik, 24. Jg. (1974), Heft 1o, S. 436-442, hier S. 438.

24) Vgl. WOLFF, M.: Optimale Instandhaltungspolitiken, S. 36.

Verschleißprozeß in der Regel nicht völlig gleichartig abläuft, ist die Intervallänge zwischen zwei aufeinanderfolgenden Maßnahmen folglich nicht konstant, sondern in unmittelbarer Abhängigkeit vom Abstand zwischen zwei Ausfällen bzw. den Zeitpunkten des Erkennens der Ausfallschäden variabel.

Bei der "Basisstrategie" sind die Zeitpunkte der Maßnahmendurchführung somit ungeplant und liegen nach der Entstehung eines Ausfallschadens. Demgegenüber ist für die im folgenden zu beschreibenden Strategien gerade die geplante, einem bestimmten im Rahmen der Festlegung der Instandhaltungspolitik zu konkretisierenden Niveau der Verschleißwirkungen vorbeugende Maßnahmendurchführung das kennzeichnende gemeinsame Merkmal. Unterschiede zwischen diesen bestehen vor allem in der Art der Festlegung des Maßnahmenzeitpunktes bzw. des sich daraus ableitenden Intervalls zwischen zwei aufeinanderfolgenden Maßnahmen.

Im Hinblick auf die Festlegung der Instandhaltungsintervalle ist zunächst eine Untergliederung in periodische und sequentielle Instandhaltungsstrategien vorzunehmen[25]. Streng periodisch werden Instandhaltungsstrategien dann genannt, wenn der Abstand zwischen zwei geplanten Maßnahmen (für ein Objekt) einmalig geplant wird und stets gleich bleibt, somit also auch zwischenzeitliche, ausfallschadensbedingte Maßnahmen keinen Einfluß auf den Zeitpunkt der Durchführung geplanter Maßnahmen nehmen[26].

---

25) Vgl. hierzu beispielsweise Mc CALL, John J.: Maintenance Policies for Stochastically Failing Equipment, in: Management Science, Vol. 11 (1965), S. 493-524, hier vor allem S. 499-524; WOLFF, M.: Optimale Instandhaltungspolitiken, S. 38f.; SCHEER, A.-W.: Instandhaltungspolitik, S. 56f.; NEUVIANS, G. - ZIMMERMANN, H. J.: Die Ermittlung optimaler Ersatz- und Instandhaltungspolitiken, S. 95f.; VOIGT, J.-P.: Erfassung, Auswertung und Nutzung von Schadendaten, S. 44-49; BUSSMANN, K. F. u. a.: Instandhaltungsstrategien, S. 37f.

26) Vgl. so COX, David R.: Erneuerungstheorie, München-Wien 1966, S. 125; MÄNNEL, W.: Vorbeugende Instandhaltung, S. 9; RINNE, H.: Strategien der Instandhaltung, S. 92 f; BEICHELT (F.: Optimale Instandhaltung, S. 43) nennt dies starre Strategien; Mc CALL, J. J.: Maintenance Policies, S. 499.

Im Gegensatz zu solchen streng periodischen Strategien wird es vielfach wirtschaftlich sein, eine geplante Maßnahme nicht immer in konstantem Abstand zur vorhergehenden geplanten vorzunehmen und zwar insbesondere dann nicht, wenn diese Maßnahmenart bereits Gegenstand einer zwischenzeitlichen, ausfallschadensbedingten Instandhaltungsaktion war. Sofern auf eine solche Maßnahme die nächste im Abstand des planmäßigen Intervalls folgt und somit eine Maßnahme immer für den gleichen Zeitraum nach der letzten (geplanten oder ungeplanten) Maßnahme, also für ein bestimmtes "Alter" des Instandhaltungsobjektes nach Durchführung einer Instandhaltungsleistung, eingeplant wird, werden auch solche Strategien in der Literatur als periodische Strategien bezeichnet[27]. Hier sollen sie "altersabhängig periodisch" genannt werden. Schließlich sind in diesem Zusammenhang noch solche periodischen Strategien aufzuführen, die eine geplante Instandhaltungsaktion nur dann im Abstand der geplanten Intervallänge nach einer zwischenzeitlichen, ausfallschadensbedingten Instandhaltung vorsehen, wenn deren Zeitpunkt in einen bestimmten Zeitraum des Intervalls nach der letzten Durchführung einer Instandhaltungsmaßnahme fällt[28].

Der Abstand zwischen zwei (geplanten) Instandhaltungsmaßnahmen kann bei diesen periodischen Strategien in unterschiedlichen Größen angegeben werden, die sich weitgehend an der dominierenden Verschleißeinflußgröße orientieren, also etwa in Kalenderzeiteinheiten (z. B. Tage, Wochen, Monate), Betriebszeiteinheiten (z. B. Be-

---

27) Vgl. z. B. KRESS, H.: Untersuchungen zur Bestimmung der optimalen Organisation von Instandhaltungsarbeiten, S. 38f.; MÄNNEL, W.: Vorbeugende Instandhaltung, S. 9; BUSSMANN, K. F. u. a.: Instandhaltungsstrategien, S. 37f.; DERS. u. a.: Instandhaltungsplanung, -steuerung und -kontrolle, S. 488; RINNE, H.: Strategien der Instandhaltung, S. 92-94; SPITTA (T.: Entwurf und Implementierung, S. 33) nennt diese Strategie "ereignisorientiert-periodisch".

28) Vgl. so z. B. ORDELHEIDE (D.: Instandhaltungsplanung, S. 63f.), der diese Strategien als "t, α-Strategien" bezeichnet; KREUL, J.: Ermittlung optimaler Instandhaltungsstrategien, S. 438; RINNE, H.: Strategien der Instandhaltung, S. 93.

triebsstunden, Schichten), Leistungsmengen (z. B. Stück, Tonnen) u. ä.[29]. Ähnlich wie die Strategien, bei denen jeweils nach derselben Zahl erstellter Leistungseinheiten Instandhaltungsmaßnahmen (einmalig) eingeplant werden, sind folglich auch die Strategien streng genommen periodisch zu nennen, die eine Maßnahme jeweils beim Erreichen eines bestimmten Verschleißniveaus oder eines im Vorhinein festgelegten Niveaus der Verschleißwirkungen[30] zur Durchführung kommen lassen.

Eine besondere Variante periodischer Strategien sind solche, die eine Instandhaltungsmaßnahme jeweils beim Auftreten von "Leerzeiten" in der Produktion (also z. B. an Feiertagen, Wochenenden, während freier Nachtschichten, aber auch während täglich bzw. in jeder Schicht anfallender Arbeitspausen oder auch während der Durchführung von Rüstvorgängen) vorsehen, sofern diese Gelegenheiten regelmäßig auftreten. Sie werden daher als "Leerzeit-Strategien"[31], als produktionsorientierte bzw. leistungsorientierte Strategien[32] oder (überwiegend) als "optionale" Strategien[33] bezeichnet.

---

29) Insofern sind auch Strategien, bei denen eine geplante Maßnahme immer in konstantem - in Maßeinheiten des Alters eines Instandhaltungsobjektes angegebenem - Abstand zur vorhergehenden geplanten Maßnahme durchgeführt wird, als streng periodisch zu bezeichnen. Vgl. dagegen etwa MÄNNEL, W.: Vorbeugende Instandhaltung, S. 9. KÜPPER (W.: Planung der Instandhaltung, S. 246-248) bezeichnet demgegenüber betriebszeitabhängige Strategien als streng periodisch und kalenderzeitabhängige Strategien, die einen zwischenzeitlichen Ausfall berücksichtigen, als periodisch.

30) Vgl. EISEN, M. - LEIBOWITZ, M.: Replacement of Randomly Detoriating Equipment, in: Management Science, Vol. 9 (1963), S. 268-276, hier S. 268.

31) Vgl. so ORDELHEIDE, D.: Instandhaltungsplanung, S. 65f.

32) Vgl. MERTENS, Peter: Die Auswahl einer Instandhaltungsstrategie, in: ZfO, 41. Jg. (1972), Heft 6, S. 297-304; BEICHELT, F.: Optimale Instandhaltung, S. 53-57.

33) Von WOODMAN (R. C.: Replacement Policies for Components that Deteriorate, in: Operations Research Quarterly, Vol. 18 (1967), No. 3, S. 267-280) wurde diese Bezeichnung eingeführt, die sich im Schrifttum durchzusetzen scheint. Vgl. auch RINNE, H.: Optionale Präventivstrategien, S. B13-B24; HACKSTEIN, Rolf - RICHTER, Hartmut: Optionale Instandhaltung - unter-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Allen periodischen Instandhaltungsstrategien ist gemeinsam, daß das geplante Instandhaltungsintervall einmalig festgelegt wird. Demgegenüber ist das kennzeichnende Merkmal sequentieller Strategien, daß die Zeitpunkte geplanter Maßnahmen jeweils nach Durchführung einer Instandhaltungsaktion neu festgelegt werden[34]. So wird etwa erst aufgrund eines Inspektionsergebnisses das Intervall bis zur nächsten Inspektion - in Abhängigkeit vom beobachteten Verschleißniveau und der zu erwartenden Verschleißentwicklung - geplant[35].

2. Instandhaltungsobjektbezogene Merkmale als Systematisierungskriterien von Instandhaltungsstrategien

(a) Zahl der unterschiedenen Zustände des Instandhaltungsobjektes

Nach der Zahl der definierten Zustände eines Instandhaltungsobjektes lassen sich ein- und mehrstufige Stra-

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
sucht am Beispiel von Spritz- und Druckgußmaschinen, in: Fortschrittliche Betriebsführung und Industrial Engineering, 24. Jg. (1975), Heft 5, S. 267-273.

34) Vgl. hierzu KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 26o-265; BUSSMANN, K. F. u. a.: Instandhaltungsstrategien, S. 37f.; Mc CALL, J. J.: Maintenance Policies, S. 5oo; BARLOW, Richard E. - PROSCHAN, Frank: Planned Replacement, in: Studies in Applied Probability and Management Science, ed. by Kenneth J. ARROW, Samuel KARLIN and Herbert SCARF, Stanford 1962, S. 63-87, hier S. 78-87; MERTENS, P.: Instandhaltungsstrategien, S. 1oo; KRESS, H.: Untersuchungen zur Bestimmung der optimalen Organisation von Instandhaltungsarbeiten, S. 4o; VOIGT, J.-P.: Erfassung, Auswertung und Nutzung von Schadendaten, S. 45, 47.

35) Eine für praktische Problemstellungen interessante Kopplung periodischer und sequentieller Strategien nennt VOIGT (J.-P.: Erfassung, Auswertung und Nutzung von Schadendaten, S. 45) "periodische - sequentielle" Strategien, "...bei denen die Zeitabstände der Instandhaltungsaktionen für einen bestimmten Teil der Nutzungsdauer der Anlagen zu deren Beginn einmalig in konstanter Höhe festgelegt sind und bei denen am Ende dieses Planungszeitraumes die Zeitabstände für den folgenden Teil der Nutzungsdauer erneut ermittelt werden".

tegien unterscheiden[36]. Einstufig ist eine Strategie dann, wenn nur zwischen den Zuständen funktionsfähig und ausgefallen getrennt wird; es besteht also nur eine Abstufung. Entsprechend unterscheidet eine mehrstufige Strategie mehr als zwei Zustände. Insbesondere bei solchen Instandhaltungsobjekten, deren Verschleiß zu einem allmählichen Anstieg der Verschleißwirkungen führt, reicht eine einstufige Strategie in der Regel nicht aus. Für Objekte mit sprunghaft zunehmender Verschleißwirkung sind insbesondere dann mehrere Zustände zu unterscheiden, wenn ein "Sprung" auf ein anderes Verschleißniveau nicht unmittelbar zu einem Ausfallschaden führt.

(b) Bezug der Instandhaltungsobjekte zum Produktionsprozeß

Die Instandhaltungsobjekte lassen sich in solche, die im Produktionsprozeß eingesetzt sind und solche, die in Bereitschaft stehen, untergliedern[37]. Unterschiede für die Strategieplanung ergeben sich daraus deshalb, weil in Abhängigkeit von der Stellung der Instandhaltungsobjekte zum Produktionsprozeß in der Regel insbesondere eine jeweils andere zeitliche Struktur der Maßnahmendurchführung einzuplanen ist.

---

36) Vgl. so z. B. BUSSMANN, K. F. u. a.: Instandhaltungsstrategien. S. 39; MERTENS, P.: Instandhaltungsstrategien, S. 1o1f.; VOIGT, J.-P.: Erfassung, Auswertung und Nutzung von Schadendaten, S. 52-55; KRESS H.: Untersuchungen zur Bestimmung der optimalen Organisation von Instandhaltungsarbeiten, S. 35f.; BUSSMANN, K. F. u. a.: Instandhaltungssteuerung, -planung und -kontrolle, S. 489.

37) BUSSMANN, (K. F. u. a.: Instandhaltungsstrategien, S. 36) nennen letztere auch "Bereitschaftsstrategien". Es ist ihnen allerdings nicht zuzustimmen, wenn sie davon ausgehen, daß eine bestimmte Maßnahmenart - hier die Inspektion - allein oder zumindest überwiegend nur für in Bereitschaft stehende Objekte durchzuführen sei, während diese bei im Produktionsprozeß eingesetzten Objekten nicht notwendig sei, weil bei diesen Objekten in der Regel eine Störung ohne be-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Die Strategien für nicht im Produktionsprozeß eingesetzte Objekte lassen sich weiter untergliedern in solche für Reserveobjekte - das sind Objekte, die bei Ausfall eines eingesetzten zum Einsatz kommen - und in solche für die Objekte, die nur zu ganz bestimmten Anlässen benötigt werden, wie beispielsweise Feuerlöscher.

(c) Verbundenheit der Instandhaltungsobjekte als Differenzierungskriterium

Die Instandhaltungsstrategien lassen sich weiter danach klassifizieren, ob sie isoliert für einzelne oder gleichzeitig für mehrere Instandhaltungsobjekte festgelegt werden. Gegenüber den ersteren "einfachen" Strategien wird im Fall der "opportunistischen" Strategien die Verbundenheit der Instandhaltungsobjekte berücksichtigt[38],

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
sondere Inspektion festzustellen sei. Dies würde aber in vielen Fällen die Planung einer vorbeugenden Instandhaltung für solche Instandhaltungsobjekte verhindern, da die Inspektionen ja gerade Informationen über den Verschleißzustand bzw. das Niveau der Verschleißwirkungen der Objekte liefern, um z. B. längere Produktionsunterbrechungen für ungeplant durchzuführende Instandhaltungsmaßnahmen zu vermeiden. Ausserdem kommen vor allem auch für in Bereitschaft stehende Objekte verschleißhemmende Maßnahmen zum Tragen. Vgl. zu Bereitschaftsstrategien auch ERNST, Fritz: Die Anwendung von Bereitschaftsstrategien bei der planmäßigen Instandhaltung, in: Operations Research und Datenverarbeitung bei der Instandhaltungsplanung, hrsg. von Karl F. BUSSMANN und Peter MERTENS, Stuttgart 1968, S. 63-73.

38) Vgl. so auch BUSSMANN, K. F. u. a.: Instandhaltungsstrategien, S. 34 und 39f.; RINNE, H.: Strategien der Instandhaltung, S. 119-127; ORDELHEIDE, D.: Instandhaltungsplanung, S. 64f., der opportunistische Strategien als "Blockstrategien" bezeichnet; siehe ebenso BEICHELT, F.: Optimale Instandhaltung, S. 44f.; VOIGT, J.-P.: Erfassung, Auswertung und Nutzung von Schadendaten, S. 49-52, der opportunistische Strategien "gekoppelte Strategien" nennt; RADNER, Roy - JORGENSON, Dale, W.: Opportunistic Replacement of a single Part in the Presence of serveral monito-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

die sich in verschiedenen Formen zeigen kann. Die Berücksichtigung der verschiedenen Formen der Verbundenheit der Instandhaltungsobjekte bei der Planung der Instandhaltungspolitik bietet vielfach sowohl bezüglich der Instandhaltungskosten als auch der Verschleißwirkungen Vorteile[39].

Eine die Erscheinungsformen von Instandhaltungsstrategien zusammenfassende Darstellung enthält Abb. 4.3.

Zur Abrundung der Ausführungen über die Erscheinungsformen von Instandhaltungsstrategien sind noch einige Anmerkungen zu deren Planung selbst erforderlich. Die betrifft insbesondere die Fristigkeit der Planung. In der Literatur wird die Festlegung von Instandhaltungsstrategien zumeist als Problem einer mittel- und langfristigen Planung im Instandhaltungsbereich angesehen[4o]. Davon wird man deshalb in der Regel ausgehen können, weil Anlagen langfristig investierte, dauerhaft dem Geschäftsbetrieb dienende Vermögensgegenstände sind, die in der Lage sind, eine Vielzahl von (Nutz-)Leistungen abzugeben[41]. Bezüglich der Gültigkeit von Instandhaltungsstrategien könnte dem entgegengehalten werden, daß diese nicht für (komplexe) Anlagen sondern für einzelne Anlagenelemente entwickelt werden. Dennoch kann man sich

---

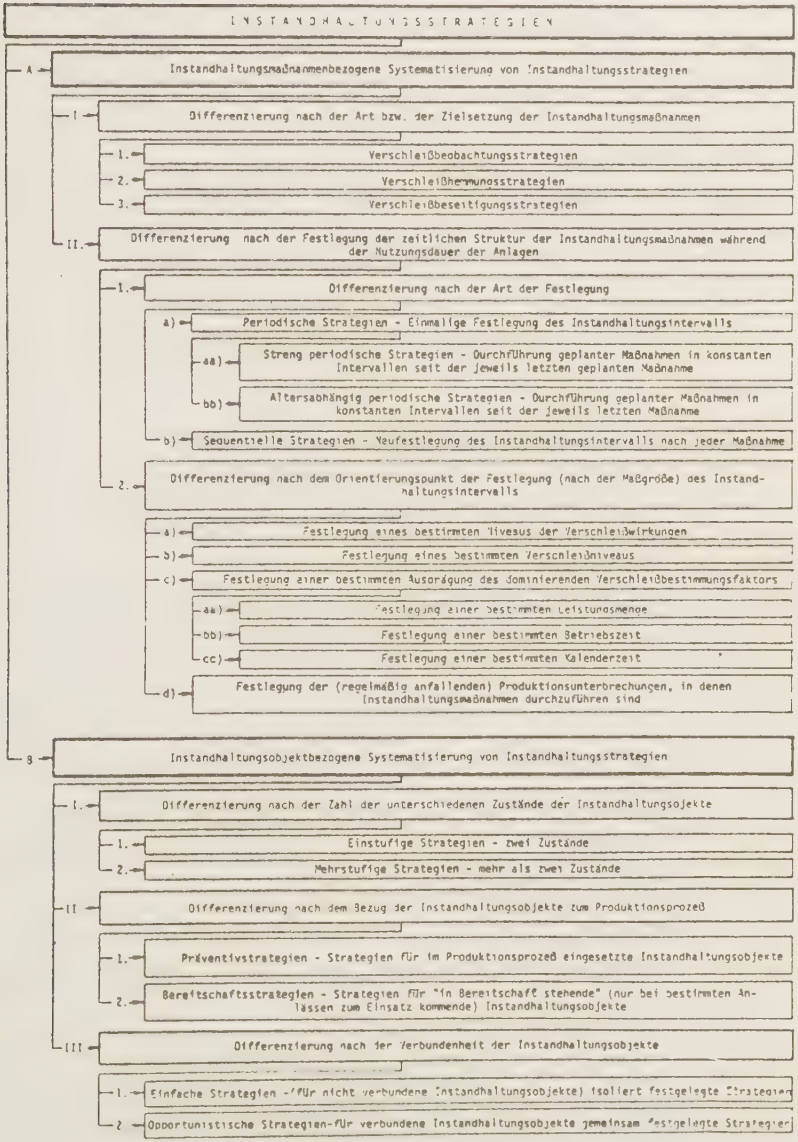
Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
red Parts, in: Management Science, Vol. 1o (1963), No. 1, S. 7o-84; BARLOW, Richard E. - PROSCHAN, Frank: Comparison of Replacement Policies and Renewal Theory Implications, in: The Annals of Mathematical Statistics, Vol. 35 (1964), S. 557-589; Mc CALL, John J.: Operating Chracteristics of Opportunistic Replacement and Inspection Policies, in: Management Science, Vol. 1o (1963), No. 1, S. 85-97. Vgl. hierzu auch den Abschnitt IV. 2. dieses Kapitels.

39) Vgl. hierzu ausführlicher die Seiten 254 - 258 dieser Arbeit.

4o) Vgl. so z. B. KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 16o; HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 13 und Fußnote 3 sowie die dort angegebene Literatur; VOIGT, J.-P.: Erfassung, Auswertung und Nutzung von Schadendaten, S. 3o.

41) Vgl. so MÄNNEL, W.: Anlagen, Sp. 138.

Abb. 4.3: Differenzierung der Instandhaltungsstrategien nach wichtigen Kriterien



oft - wenngleich angesichts eines rasch voranschreitenden technischen Fortschritts auch nicht immer - an der Nutzungsdauer der Anlagen orientieren, weil die einzelnen Anlagenelemente selbst nach ihrem Ersatz mit den ursprünglichen (weitgehend) identisch sein müssen. Insofern verbleibt dann zwar ein konkretes Anlagenelement nicht generell langfristig im Unternehmen, aber doch der Typ dieses Anlagenteils. Können dagegen die ausgebauten (ausgemusterten) Instandhaltungsobjekte nicht mehr (zumindest annähernd) identisch wiederbeschafft und müssen daher andere - funktionsgleiche, verbesserte - Teile eingebaut werden, so weisen diese vielfach ein anderes Verschleißverhalten auf, so daß auch für die dann möglicherweise relativ kurzen Zeiträume des Verbleibs solcher Anlagenelemente im Unternehmen jeweils die elementspezifischen Strategien zu modifizieren sind. Letzteres kann sich auch dann als notwendig erweisen, wenn sich die Belastung der Teile nachhaltig verändert, so daß die Strategie, die z. B. auf ein bestimmtes Betriebszeitintervall abstellt, zu variieren ist, weil etwa aufgrund erheblich geringerer Beanspruchung durch die Laufzeit der natürliche Verschleiß an Bedeutung gewinnt.

Langfristigen Charakter erhält die anlagenelementbezogene Festlegung der Instandhaltungsstrategie somit vor allem dann, wenn sie einerseits für langlebige Teile mit annähernd gleichbleibendem Verschleißverhalten und andererseits für kurzlebige Teile, die identisch wiederbeschafft und eingebaut werden, erfolgt.

IV. Bestimmungsfaktoren der Festlegung von Instandhaltungspolitiken

Mit der Festlegung der Instandhaltungspolitik für ein einzelnes Instandhaltungsobjekt sind grundsätzlich zwei Probleme verbunden, die zudem eng miteinander verknüpft sind. Diese bestehen zum einen in der Wahl der prinzipiellen Art der Instandhaltungspolitik als objektspezi-

fische Auswahl und Kombination unterschiedlicher Arten von Instandhaltungsstrategien[42] und zum anderen in der zeitlichen Strukturierung der in der ausgewählten Politik zusammengefaßten Instandhaltungsstrategien. Eine dem Wirtschaftlichkeitsprinzip entsprechende Instandhaltungsplanung muß darüber hinaus die sachlichen, zeitlichen und (daraus resultierenden) erfolgswirtschaftlichen Interdependenzen zwischen den einzelnen Instandhaltungsobjekten und -maßnahmen berücksichtigen. Dies erfordert zusätzlich eine Abstimmung der - gegebenenfalls zunächst für ein Instandhaltungsobjekt isoliert aufgestellten - Instandhaltungspolitiken, die dann vielfach ein Abweichen von den auf die einzelnen Objekte abgestellt entwickelten Instandhaltungspolitiken zur Folge hat.

1. Bestimmungsfaktoren der Festlegung von Instandhaltungspolitiken für einzelne Instandhaltungsobjekte

In diesem Abschnitt soll herausgearbeitet werden, welche Bestimmungsfaktoren auf die Lösung der angesprochenen Problemstellungen Einfluß nehmen[43]. Dabei werden zunächst einzelne Anlagengegenstände und nicht aus einer Vielzahl einzelner Elemente bestehende komplexe Anlagen als Instandhaltungsobjekte im Vordergrund stehen. Weil nämlich die einzelnen Elemente einer komplexen Anlage in der Regel unterschiedlich beansprucht werden und auch nicht die gleiche Widerstandsfähigkeit aufweisen, unterliegen sie einerseits verschiedenen Verschleißerscheinungen und verschleißen andererseits auch nicht in der gleichen Art und Weise bzw. nicht gleich

---

42) Vgl. zum Begriff der Instandhaltungspolitik den Abschnitt A II. dieses Kapitels.

43) Dabei wird in der Regel auf ins Detail gehende mathematische Ableitungen und Beweise weitgehend verzichtet und stattdessen auf die entsprechende Literatur verwiesen. Nur in wenigen Einzelfällen wird zur Verdeutlichung des Einflusses einzelner Bestimmungsfaktoren zusätzlich auf mathematische Darstellungen zurückgegriffen.

schnell[44]. Daher sind zunächst für solche einzelne Elemente einer Anlage[45] die Bestimmungsfaktoren für die Wahl der Instandhaltungspolitik aufzuzeigen. Diese zunächst isolierte Betrachtung kann durchaus auch schon zu wirtschaftlich sinnvollen Ergebnissen dann führen, wenn durch die Festlegung der Instandhaltungspolitiken für einzelne Elemente einer Anlage deren durchschnittliches (Gesamt-)-Betriebszeitintervall nicht wesentlich beeinflußt wird[46].

Von den bei der Entscheidung für eine auf einzelne Instandhaltungsobjekte (Anlagengegenstände) abstellende Instandhaltungspolitik zu berücksichtigenden Bestimmungsfaktoren sind insbesondere drei hervorzuheben, deren Beschreibung hinsichtlich Art und Bedeutung ihrer Einflußnahme im folgenden eine entsprechende Differenzierung erfordert.

Ein erster wichtiger Bestimmungsfaktor ist der Verschleißprozeß, dem das betreffende Instandhaltungsob-

---

44) Vgl. so auch KRESS, H.: Untersuchungen zur Bestimmung der optimalen Organisation von Instandhaltungsarbeiten, S. 14-16; MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 47; SCHEER, A.-W.: Instandhaltungspolitik, S. 2o-24; SCHELO, S. J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 15; STEFFEN, R.: Anlagenkosten, S. 3o4. Anderer Ansicht ist dagegen MIDDELMANN (U.: Planung der Anlageninstandhaltung, insbes. S. 72-85), der eine auf einzelne Anlagengegenstände abstellende Instandhaltungsplanung insbesondere aus Gründen mangelnder bzw. unsicherer Informationen für nicht durchführbar hält.

45) Vgl. zur Bestimmung von Instandhaltungsobjekten durch die Zerlegung einer Anlage bzw. zur "optimalen Zerlegungstiefe" einer Anlage ORDELHEIDE, D.: Instandhaltungsplanung, S. 45-48.

46) Vgl. so KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 24o. Die genannte Bedingung ist zumeist dann erfüllt, wenn die Wahrscheinlichkeit für ein verschleißbedingtes Unterbrechen der Betriebszeit der Anlage zu jedem Zeitpunkt gleich hoch ist. Daher ist der bei KRESS (H.: Untersuchungen zur Bestimmung der optimalen Organisation von Instandhaltungsarbeiten, S. 15f.) vorzufindenden Andeutung, daß wegen des unterschiedlichen Verschleißverhaltens bereits die Festlegung der Instandhaltungsobjekte ein erster Bestimmungsfaktor für die Wahl der Instandhaltungspolitik sei, zuzustimmen.

jekt unterliegt[47].

Als zweiter wichtiger Bestimmungsfaktor sind die ökonomisch nachteiligen Verschleißwirkungen sowohl hinsichtlich ihrer Art und Höhe als auch bezüglich der Art und Geschwindigkeit ihrer Entwicklung in die planerischen Überlegungen zur Auswahl einer Instandhaltungspolitik einzubeziehen[48].

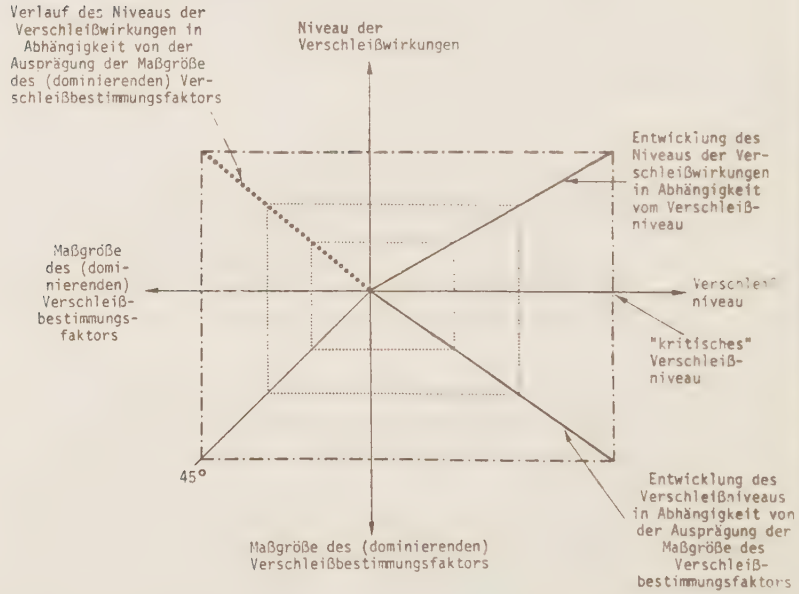
Die Entwicklung der Verschleißwirkungen, das Verschleißniveau und die Bestimmungsfaktoren des Verschleißes stehen nun in einem engen Zusammenhang zueinander, der sich wie in Abb. 4.4 - beispielhaft für den Fall allmählich zunehmenden Verschleißes und allmählich zunehmender Verschleißwirkungen - schematisch darstellen läßt.

Drittens schließlich wirken die Instandhaltungskosten selbst auf die Art und zeitliche Struktur der Instandhaltungspolitik ein. Auch sie können von mehreren Faktoren determiniert werden, wie etwa vom jeweiligen Instandhaltungsverfahren, vom Verschleißniveau und vom Zeitpunkt der Instandhaltungsmaßnahme[49]. Insbesondere ist im Hinblick auf die Instandhaltungskosten allerdings zu beachten, daß bei der Festlegung der Instandhaltungspolitiken für die einzelnen Instandhaltungsobjekte nur die diesen bzw. den einzelnen Leistungen direkt zurechenbaren (Objekt- bzw. Instandhaltungsauftragseinzel-)-Kosten relevant sind. Verfehlt wäre dagegen "...eine fiktive Proportionalisierung und Zurechnung von Gemeinkosten..."[50]. Denn ein solches Vorgehen würde Fehlentscheidungen bei der Politikplanung zur Folge haben. Dies ergibt sich schon daraus, daß zwischen der Höhe der (einer Leistung oder einem Objekt in der Regel nicht zurechenbaren) Bereitschaftskosten der Instandhaltung und der

---

47) Vgl. hierzu ausführlich den Abschnitt C des dritten Kapitels dieser Arbeit.
48) Vgl. hierzu ausführlich den Abschnitt D des vierten Kapitels dieser Arbeit.
49) Vgl. MÄNNEL, W. Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 5o.
5o) Dies fordert KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 171.

Abb. 4.4: Schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem Niveau des Verschleißes und den Verschleißwirkungen sowie der Maßgröße des (dominierenden) Verschleißbestimmungsfaktors



Zahl der Instandhaltungsleistungen keine proportionale Beziehung besteht, da die Bereitschaftskosten verursachenden Instandhaltungskapazitäten nicht beliebig variiert werden können[51]. Diese nicht unmittelbar zurechenbaren Kosten können daher nur bei einer den Bedarf an Instandhaltungskapazitäten berücksichtigenden Abstimmung der Instandhaltungspolitiken für den gesamten Anlagenpark in die Planung eingehen[52].

Die Beziehung zwischen Instandhaltungskosten und Verschleißwirkungen läßt sich wie folgt charakterisieren: Je größer (kleiner) die Instandhaltungszyklen (Abstand

51) Vgl. dazu die Abschnitte B III. und B IV. des ersten Kapitels dieser Arbeit sowie MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 57.
52) Vgl. hierzu den Abschnitt B II. dieses Kapitels.

zwischen den wiederholten Durchführungen von Instandhaltungsmaßnahmen) werden, desto (un)günstiger wirkt sich dies auf die - vor allem von der Zahl der Instandhaltungsmaßnahmen abhängigen - Instandhaltungskosten aus. Umso mehr muß man allerdings auch damit rechnen, daß die nachteiligen ökonomischen Verschleißwirkungen zunehmen (abnehmen) bzw. überhaupt erst (gar nicht) entstehen. Ziel der Festlegung der Instandhaltung sollte es daher sein, diese beiden gegenläufigen Tendenzen zum Ausgleich zu bringen, also die Summe aus diesen beiden negativen Erfolgskomponenten zu minimieren[53].

Für die konkrete Auswahl und zeitliche Strukturierung einer Instandhaltungspolitik für ein bestimmtes Instandhaltungsobjekt ist nun von entscheidender Bedeutung, welche Informationen mit welcher Sicherheit über diese angesprochenen Bestimmungsfaktoren und die Beziehungen zwischen ihnen vorliegen bzw. bereitgestellt werden können.

Um die Bedeutung des Grades der Sicherheit und Vollständigkeit von Informationen über die genannten Bestimmungsfaktoren zu verdeutlichen, wird im folgenden zunächst davon ausgegangen, daß die in Abb. 4.4 beschriebenen Beziehungen vollständig und mit Sicherheit bekannt sind. Anschließend wird dann herausgearbeitet, wie sich unsichere Informationen über einzelne und dann gleichzeitig mehrere dieser Beziehungen auf die Wahl und zeitliche Strukturierung der Instandhaltungspolitik auswirken. Andere bisher nicht genannte Bestimmungsfaktoren werden dabei zum Teil gleichzeitig mit diesen Ausführungen, zum Teil aber auch erst anschließend - sofern sie von dem Einfluß der bereits angedeuteten Bestimmungsgrößen unabhängig sind - behandelt.

53) Vgl. beispielhaft für die in der Literatur sehr häufig gestellte Forderung MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 52.

a) Der Einfluß sicherer Informationen über die Bestimmungsfaktoren auf die Festlegung der Instandhaltungspolitik

Sofern davon ausgegangen werden kann, daß die in Abb. 4.4 angedeuteten Beziehungen vollständig und mit Sicherheit bekannt sind, gelingt die Festlegung der Instandhaltungspolitik relativ einfach. Um allein den Einfluß der genannten Bestimmungsfaktoren zu beschreiben, sei zunächst davon ausgegangen, daß die Kosten von Verschleißbeseitigungsmaßnahmen immer gleich hoch, also von anderen Einflußgrößen, wie etwa dem Verschleißniveau, dem Zeitpunkt der Maßnahmen oder dem gewählten Instandhaltungsverfahren unabhängig sind, daß eine Verschleißhemmungsstrategie bereits gegeben und die Verwendungsdauer des betreffenden Instandhaltungsobjektes unbegrenzt sei[54]. [55]

Unter diesen Voraussetzungen ist bei allmählich zunehmendem (Sukzessiv-)Verschleiß und allmählich zunehmenden Verschleißwirkungen eine streng (kalenderzeit-[56])

---

54) Diese Prämissen werden zumeist auch in der Literatur genannt. Die wichtige explizite Annahme einer gegebenen Verschleißhemmungsstrategie ist dagegen nur in Ausnahmefällen auzutreffen, wie etwa bei MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 43; BUSSMANN, K. F. u. a.: Instandhaltungsstrategien, S. 33.

55) Werden austauschende Verschleißbeseitigungsmaßnahmen durchgeführt, so ist damit natürlich die Verwendungsdauer des konkreten Anlagegegenstandes beendet. Hier wird somit auf die Art (den Typ) des Anlagegegenstandes abgestellt, der erhalten bleibt, auch wenn das konkrete Anlagenelement ersetzt wird (gegen ein gleichartiges Neues). Vgl. so auch MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 171, Fußnote 169. In Annäherung gelten die folgenden Ausführungen auch dann, wenn die Verwendungsdauer des Instandhaltungsobjekttyps sehr groß ist; vgl. KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 92 und 264; KRESS, H.: Untersuchungen zur Bestimmung der optimalen Organisation von Instandhaltungsarbeiten, S. 38, der sich bezieht auf PELZ, Peter: Vergleich von Wartungsstrategien für unabhängige Fertigungsaggregate, Diplomarbeit München 1966, S. 56.

56) Hierbei sei angenommen, daß die Kalenderzeit der einzige Verschleißbestimmungsfaktor sei.

periodische Verschleißbeseitigungsstrategie optimal. Dies sei im folgenden für den Fall allein als Betriebskostensteigerungen auftretender Verschleißwirkungen kurz nachgewiesen[57].

Symbolik:

$K_g(t_p)$: Gesamtkosten eines Reparaturzyklus' in Abhängigkeit von der Länge des geplanten Reparaturzyklus'

R_p : Kosten einer geplanten Reparatur

t_p : Länge des geplanten Reparaturzyklus' in Kalenderzeiteinheiten

$b(t)$: durch den Verschleiß des betreffenden Instandhaltungsobjektes verursachter Betriebskostenanstieg in Abhängigkeit von der Kalenderzeit

$k_g(t_p)$: durchschnittliche Gesamtkosten je Zeiteinheit des Reparaturintervalls in Abhängigkeit von der Länge des geplanten Reparaturzyklus'

t : Kalenderzeit

Da bei unendlicher Nutzungsdauer des Instandhaltungsobjekttyps nach einer Verschleißbeseitigung der Verschleißprozeß und die Entwicklung der Verschleißwirkungen jeweils gleich verlaufen, entspricht die Minimierung der Summe der bei unendlicher Nutzungsdauer anfallenden Reparaturkosten und Verschleißwirkungen der Minimierung dieser Summe für einen Reparaturzyklus[58], die sich ergibt als:

$$K_g(t_p) = R_p + \int_0^{t_p} b(t)dt \qquad (4.1).$$

Das Minimum der durchschnittlichen Gesamtkosten je Zeiteinheit des Verschleißbeseitigungsintervalls:

$$k_g(t_p) = \frac{K_g(t_p)}{t_p} = \frac{R_p}{t_p} + \frac{1}{t_p} \cdot \int_0^{t_p} b(t)dt \qquad (4.2)$$

---

57) Vgl. hierzu und zum folgenden MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 51-55. Auch die Möglichkeit allmählich abnehmender Erlöse bzw. Deckungsbeiträge läßt sich ohne Schwierigkeiten integrieren; eine entsprechende Berechnung führt durch MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 55.
Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

ergibt sich durch Bilden der ersten Ableitung von $K_g(t_p)$ nach t_p:

$$\frac{dk_g(t_p)}{dt_p} = -\frac{R_p}{t_p^2} - \frac{1}{t_p^2} \cdot \int_o^{t_p} b(t)dt + \frac{1}{t_p} \cdot b(t_p)^{59)}$$

und anschließendes Nullsetzen:

$$o = -\frac{R_p}{t_p^{*2}} - \frac{1}{t_p^{*2}} \cdot \int_o^{t_p^*} b(t)dt + \frac{1}{t_{p^*}} \cdot b(t_p^*)$$

als:

$$b(t_p^*) = \frac{R_p}{t_{p^*}} + \frac{1}{t_{p^*}} \cdot \int_o^{t_p} b(t_p^*)dt^{60)}$$

bzw. somit als:

$$b(t_p^*) = k_g(t_p^*). \qquad (4.3).$$

Die optimale Länge des Verschleißbeseitigungsintervalls ist somit immer dann erreicht, wenn die Grenzkosten einer Verlängerung des Intervalls gerade den durchschnittlichen Gesamtkosten je Zeiteinheit des Intervalls entsprechen.

Die numerische Berechnung der optimalen Zykluslänge ist leicht durch Einsetzen der Bedingung (4.3.) in die Zielfunktion (4.2.) vorzunehmen. Die Ergebnisse sind gra-

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:

58) Vgl. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 52, der sich bezieht auf VAN DER BURG, A. R. - HEMELRIJK, J.: Choosing the best moment for overhaul, in: Management Science, Models and Techniques, Proceedings of the 6th International Meeting of the Institute of Management Science, Vol. I, Oxford-London-New-York-Paris 1960, S. 34-55.

59) Es wird somit davon ausgegangen, daß b(o) = o ist, da der Betrachtung relevante und somit lediglich zusätzlich anfallende Betriebskosten zugrundeliegen.

60) Da die 2. Ableitung positiv ist, ist auch die hinreichende Bedingung für ein Minimum erfüllt.

phisch in der Abb. 4.5 enthalten[61]. Im folgenden soll nun aufgezeigt werden, wie sich die Aufhebung der eingangs genannten Prämissen auf die Festlegung der Instandhaltungspolitik auswirkt. Diese Auswirkungen werden dabei isoliert dargestellt, obwohl sie im betrieblichen Geschehen vielfach gleichzeitig zu beachten sind. Eine entsprechende geschlossene Darstellung ist aber bis heute (nach Kenntnis des Verfassers) selbst für den Fall vollständiger und sicherer Informationen noch nicht gelungen.

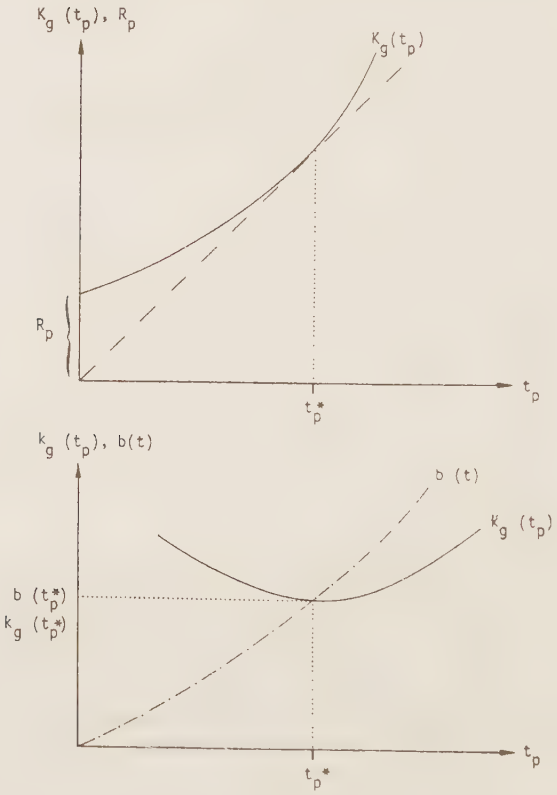
Zuerst soll hierzu die Annahme jeweils gleich hoher Verschleißbeseitigungskosten fallen gelassen werden. Die in diesem Fall in die Planungsüberlegungen aufzunehmenden Unterschiede in den Reparaturkosten können mehrere Ursachen haben.

Die geringsten Schwierigkeiten bereiten hierbei noch langfristige Veränderungen der Reparaturkosten, wie sie etwa im Fall einer nachhaltigen Steigerung oder Senkung

---

61) Vgl. zu diesen Abbildungen auch MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 54. Im Fall sprunghaft zunehmender Verschleißwirkungen ist die Länge des optimalen Reparaturzyklus' unter den angegebenen Voraussetzungen mit dem Zeitraum bis unmittelbar vor einem solchen teilweisen oder vollständigen "Ausfall" identisch. Unter einem Ausfall sei hier ein Zustand verstanden, in dem ein Instandhaltungsobjekt ein "kritisches" Verschleißniveau erreicht und ein oder auch mehrere Kriterien seiner geforderten qualitativen oder quantitativen Leistungsfähigkeit nicht mehr (ausreichend) erfüllt und damit in der Regel auch eine sprunghaft eintretende Verschleißwirkung bewirkt. Vgl. zum Begriff des Anlagenausfalls auch MÄNNEL, W.: Anlagenausfallkosten; SPITTA, T.: Entwurf und Implementierung, S. 24f.. Für den Fall, daß Verschleißwirkungen nicht unmittelbar auf den Ausfall folgen, sei bezüglich der Instandhaltungsplanung verwiesen auf MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 124-139 und die dort angegebene Literatur. Die obige Aussage gilt natürlich nur dann, wenn die Kosten der geplanten Instandhaltung unter denen einer Reparatur nach dem Ausfall liegen (vgl. so auch MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 92; KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 259). Dies gilt generell auch dann, wenn die sprunghafte Änderung der Verschleißwirkungen nur einen teilweisen Rückgang der Leistungsfähigkeit des betreffenden Objektes bewirkt.

Abb. 4.5: Graphische Darstellung der Ermittlung der optimalen Länge des Reparaturzyklus' für Instandhaltungsobjekte mit allmählich zunehmenden Verschleißwirkungen



Symbolik:

$K_g(t_p)$: Gesamtkosten eines Reparaturzyklus' in Abhängigkeit von der Länge des geplanten Reparaturzyklus'

R_p : Kosten einer geplanten Reparatur

t_p : Länge des geplanten Reparaturzyklus' in Kalenderzeiteinheiten

t_p^* : Länge des optimalen Reparaturzyklus' in Kalenderzeiteinheiten

b(t) : durch den Verschleiß des betreffenden Instandhaltungsobjektes verursachter Betriebskostenanstieg in Abhängigkeit von der Kalenderzeit

$b(t_p^*)$: durch den Verschleiß des betreffenden Instandhaltungsobjektes verursachter Betriebskostenanstieg bei optimaler Länge des Reparaturzyklus'

$k_g(t_p)$: durchschnittliche Gesamtkosten je Zeiteinheit des Reparaturintervalls in Abhängigkeit von der Länge des geplanten Reparaturzyklus'

$k_g(t_p^*)$: durchschnittliche Gesamtkosten je Zeiteinheit des Reparaturintervalls bei optimaler Länge des Reparaturzyklus'

t : Kalenderzeit

der Preise für die Produktionsfaktoren der Instandhaltung (für Fremdleistungen, Ersatzteile, Energien usw.) auftreten[62]. Sofern der Zeitraum, für den eine einmalige Änderung der Kosten der Reparatur Gültigkeit hat, sehr (theoretisch unendlich) lang ist, ändert sich nur die Länge des Verschleißbeseitigungsintervalls durch entsprechende Berücksichtigung bei dem Ansatz der Verschleißbeseitigungskosten. Wenn dagegen Schwankungen der Reparaturkosten auch kurzfristig auftreten können (womit bei der langfristigen Auslegung der Instandhaltungspolitik zu rechnen ist), Ausmaß und Zeitpunkte dieser Veränderungen zudem bei der Planung der Instandhaltungspolitik nicht bekannt sind, können diese nur im Rahmen der Festlegung der Reparaturtermine durch die kurzfristige Ablaufplanung Berücksichtigung finden. Kurzfristige Schwankungen der Reparaturkosten entstehen auch dann, wenn Verschleißbeseitigungsmaßnahmen zu unterschiedlichen Zeitpunkten voneinander abweichende Kosten verursachen. Eine "Verteuerung" der Reparatur ist beispielsweise dann in Kauf zu nehmen, wenn diese in eigens angesetzten Überstunden (des Reparaturpersonals) - etwa in der Nacht oder an Wochenenden - durchgeführt wird. Dieser Nachteil wird allerdings bei wirtschaftlicher Handlungsweise dann überkompensiert, wenn die Anlage, deren Bestandteil das betreffende Instandhaltungsobjekt ist, für eine Reparatur während der Produktionszeit stillgesetzt werden müßte und zu den eigentlichen Reparaturkosten zusätzlich (instandhaltungsbedingte) Stillstandskosten als Opportunitätskosten in Ansatz zu bringen wären. Dann bietet es sich an, die Instandhaltungsmaßnahmen auf solche Zeitpunkte zu verlegen, zu denen die Anlage ohnehin stillsteht, wie etwa bei Sortenwechseln[63], in Arbeitspausen (der Produktion), an Wochenenden, in Betriebsferien, bei Kurzarbeit usw.[64].

---

62) Vgl. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 114. Dies gilt in gleicher Weise auch für die Verschleißwirkungen.

63) Vgl. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 115, der als Beispiel für eine solche Verlegung der Reparaturzeitpunkte die Papierindustrie anführt, in der man sich bemüht, "...die Reinigung der Maschinen mit dem Farbwechsel zusammenzulegen, da beide Maß-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Insbesondere dann, wenn solche Zeitpunkte regelmäßig aufeinanderfolgen und die betreffende Anlage zwischen diesen Zeitpunkten kontinuierlich im Einsatz ist, besteht die Möglichkeit, eine entsprechende Einplanung der Instandhaltungsarbeiten nicht nur im Rahmen der kurzfristigen Ablaufplanung zu berücksichtigen, sondern eine langfristige Anpassung an solche günstige Gelegenheiten bei der Festlegung der Instandhaltungspolitik vorzunehmen[65], was zuweilen auch als "optionale"[66] Instandhaltungsstrategie (-politik) bezeichnet wird. Diese langfristige Abstimmung führt dann wegen der zumeist notwendigen Veränderung der Reparaturzyklen in der Regel dazu, daß entweder zusätzliche Verschleißwirkungen während eines Reparaturintervalls anfallen (insbesondere bei allmählich zunehmenden Verschleißwirkungen) bzw. zumend mit dem Anfall von Verschleißwirkungen gerechnet werden muß oder daß die Kapaztiät der Anlagegegenstände nicht voll ausgenutzt wird (vor allem bei sprunghaft ansteigenden Verschleißwirkungen).

Sofern diese günstigen Zeitpunkte allerdings nur unregelmäßig aufeinanderfolgen, wird eine solche langfristige Abstimmung erheblich erschwert, wenn nicht sogar unmöglich[67], so daß nur von Fall zu Fall (im Rahmen der kurzfristigen Ablaufplanung) darüber entschieden werden kann, ob zu einer entsprechenden Gelegenheit repariert werden soll oder ob stattdessen bis zur nächsten - allerdings noch nicht genau bekannten - Gelegenheit gewartet werden

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
nahmen nahezu dieselben Arbeiten erfordern."

64) Vgl. bspw. SCHEER, A.-W.: Instandhaltungspolitik, S. 28; RINNE, H.: Optionale Präventivstrategien, S. B15f.; HACKSTEIN, R. - RICHTER, H.: Optionale Instandhaltung, S. 267; ORDELHEIDE, D.: Instandhaltungsplanung, S. 65f.

65) Vgl. zur Berücksichtigung solcher Gelegenheiten im Ansatz zur Strategieplanung anhand eines Beispiels MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 115f.

66) Vgl. Fußnote 33) auf S. 213.

67) Vgl. hierzu und zum folgenden MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 117.

soll. Die Entscheidung wird davon abhängen, welcher Zeitraum (im Verhältnis zum langfristig geplanten Termin) bereits verstrichen ist und wie stark die Verschleißwirkungen wahrscheinlich sein werden bzw. wie wahrscheinlich es ist, daß eine nächste günstige Gelegenheit noch vor dem Ausfall des Anlagegegenstandes wiederkehrt. Erschwerend wirkt sich außerdem aus, wenn auch die Dauer der ohnehin anfallenden Stillstände nicht bekannt ist.

Sofern die Kosten der Verschleißbeseitigung auch vom jeweiligen Verschleißniveau abhängig sind, bei dem man repariert, muß auch dieser Umstand bei der Festlegung von Instandhaltungspolitiken Beachtung finden[68]. Im Falle (vornehmlich) ausbessernder Verschleißbeseitigung betrifft dies die Kosten der eigentlichen Reparaturarbeiten - die Kosten für die Demontage, Montage usw. bleiben vom Verschleißniveau in der Regel unabhängig. Obgleich zumeist davon auszugehen ist, daß ein relativ weit fortgeschrittenes Verschleißstadium auch entsprechend höhere Reparaturkosten nach sich zieht, ist doch auch zu bedenken, daß in manchen Fällen gerade ein niedriges Verschleißniveau sehr sorgfältige, langwierige, besondere Werkzeuge erfordernde Reparaturarbeiten erforderlich macht und so die Verschleißbeseitigung verteuern kann.

Bei austauschenden Reparaturen ist eine Abhängigkeit vom Verschleißniveau nur dann festzustellen, wenn die auszutauschenden Teile einen verschleißniveauabhängigen Resterlöswert haben.

Sind die Reparaturkosten vom Verschleißniveau abhängig, kann sich das optimale Reparaturintervall verkürzen, weil die Verringerung der Reparaturkosten in einer relativ frühen Phase des Verschleißes den Nachteil einer ansonsten besseren Ausnutzung der Totalkapazität des betreffenden Instandhaltungsobjekttyps ausgleichen bzw. sogar überwiegen kann. So gilt auch für Objekte mit sprunghaft-

68) Vgl. hierzu MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 111-113.

haft zunehmenden Verschleißwirkungen, daß man gegebenenfalls schon eine Zeitlang vor dem Ausfall repariert, um zusätzlich in den Genuß niedriger Kosten der Verschleißbeseitigung zu kommen.

Die Berücksichtigung dieser Abhängigkeit der Reparaturkosten vom Verschleißniveau bei der zeitlichen Strukturierung der Instandhaltungspolitik bereitet allerdings dann kaum überwindbare Schwierigkeiten, wenn - wie dies wohl die Regel sein wird - erst im Rahmen der (kurzfristigen) Ablaufplanung über das Reparaturverfahren entschieden werden kann und man dann beispielsweise von einer kostengünstigeren ausbessernden Verschleißbeseitigung wegen knapper - anderweitig wirtschaftlicher einzusetzender - Reparaturkapazitäten zu einer austauschenden Verschleißbeseitigung übergeht. Diese Einschränkung für die zeitliche Strukturierung der Instandhaltungspolitik kommt auch dann zum Tragen, wenn man sich bemüht, den ausbesserungsbedingten Verschleiß und seine Auswirkungen auf die Festlegung der Reparaturzeitpunkte (und insbesondere auch der Zeitpunkte für den Ersatz des in diesem Fall mehrmals ausbesserungsfähigen Teils) zu berücksichtigen[69]. Zumindest kann sich die im Rahmen der zeitlichen Gestaltung der Instandhaltungspolitik festgelegte Zykluslänge durch die kurzfristige Steuerung der Instandhaltungsdurchführung verändern und muß dann gegebenenfalls entsprechend revidiert werden.

Insgesamt zeigt sich also, daß bei Nichtgültigkeit der Prämisse konstanter Verschleißbeseitigungskosten allein aus diesem Grunde eine Reihe von Einflüssen auf die Planung der Reparaturzyklen zu beachten ist. Gleichzeitig

---

69) Vgl. zu der Berücksichtigung des ausbesserungsbedingten Verschleißes bei der Planung des Reparaturzeitpunktes im einzelnen KÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 118-121. Von Bedeutung ist dies bspw. für die Bestimmung der Zahl und Zeitpunkte von Nachschleifmaßnahmen für Drehmeißel; vgl. auch SPICKENHEUER, W.: Optimale vorbeugende Instandhaltung, S. 44.

ist festzuhalten, daß ein Teil dieser Einflüsse nur bei der kurzfristigen Ablaufplanung Berücksichtigung finden kann.

Als zweite wesentliche Prämisse war unterstellt, daß die Verwendungsdauer des jeweiligen Instandhaltungsobjekttyps unbegrenzt, zumindest aber sehr lang ist. Ist demgegenüber die Verwendungsdauer von vornherein bei der Planung der Instandhaltungspolitik begrenzt, so kann nicht mehr darauf abgestellt werden, die durchschnittlichen Kosten und Verschleißwirkungen je Zeiteinheit eines Reparaturzyklus' zu minimieren. In diesem Fall muß man sich zwar ebenfalls daran orientieren, die während der gesamten Verwendungsdauer in Kauf zu nehmenden Reparaturkosten und Verschleißwirkungen zu minimieren; doch hat dies jetzt in der Regel eine Abkehr von der Zykluslänge bei unbegrenzter Verwendungsdauer zur Folge. Konkret wird dies immer dann eintreten, wenn das Ende der Verwendungsdauer nicht mit einem ohnehin geplanten Verschleißbeseitigungstermin (bei unbegrenzter Verwendungsdauer) zusammenfällt[7o]. Insbesondere ergibt sich bei gegebener Verwendungsdauer eine Verlängerung bzw. eine Reduzierung der Zahl der Reparaturzyklen.

Das hier angesprochene Problem ist allerdings noch relativ einfach gelagert, weil bei der Planung der Reparaturstrategie bereits von einer fest vorgegebenen Verwendungsdauer ausgegangen wird. Wenngleich dies in einigen Fällen realistisch sein mag - wie etwa bei der Miete einer Anlage für einen bestimmten Zweck und einen im vorhinein bekannten Zeitraum - wird die Regel doch sein, daß man die Reparaturstrategie in Abstimmung mit der ebenfalls zu planenden Nutzungsdauer der betreffenden Instandhaltungsobjekte

---

7o) Vgl. hierzu ausführlich MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 173-181, der das Problem auch anhand von Beispielen darstellt, insbesondere S. 176f. und S. 181; GOTTSCHALK, E. u. a.: Ermittlung einer Instandhaltungsstrategie, S. 91.

zu bestimmen hat[71]. Trotz bezüglich der Reparaturplanung ansonsten weitgehend sicherer Erwartungen gelingt eine solche simultane Planung der Verschleißbeseitigungsstrategie und der Verwendungsdauer in der Regel aber schon deswegen nicht, weil wesentliche Informationen über die Ausprägung der Bestimmungsfaktoren der Nutzungsdauer in der Regel nicht ausreichend zur Verfügung stehen[72].

Schließlich soll drittens zumindest angedeutet werden, welchen Einfluß die Aufgabe der Prämisse einer bei der Reparaturplanung bereits gegebenen Verschleißhemmungsstrategie auf die Festlegung der Instandhaltungspolitik hat. Die Maßnahmen der Verschleißhemmung wirken über eine Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und/oder eine Verminderung der Beanspruchung auf eine Veränderung des Verschleißprozesses der Instandhaltungsobjekte[73]. Dies hat in der Regel zur Folge, daß auch die Entwicklung der Verschleißwirkungen und der Reparaturkosten im Zeitablauf - sofern sie vom Verschleißniveau abhängig sind - verändert wird. "Eine Verstärkung der Anstrengungen zur Hemmung ihres (der betreffenden Anlagen, der Verf.) Verscheißes wirkt sich mithin in einer Verlängerung der Ersatz- bzw. Reparaturzyklen aus. Schon aus diesem Grunde ist die Politik der Verschleißhemmung ... stets im Zusammenhang mit der Ersatz- bzw. Reparaturpolitik zu sehen."[74]

---

71) Vgl. NÄSLUND, B.: Simultaneous Determination of Optimal Repair Policy and Service Life, in: Swedish Journal of Economics, 68. Jg. (1966), S. 63-73; MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 186f.; DAHMEN, U.: Nutzungsdauer, insbes. S. 88-128.

72) Solche Informationen betreffen bspw. Bedarfsentwicklungen für die auf der betreffenden Anlage produzierten Güter, die Geschwindigkeit des technischen Fortschritts oder der wirtschaftlichen Überholung aufgrund einer Verbilligung identischer Ersatzanlagen; vgl. auch MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 187.

73) Vgl. hierzu und zum folgenden MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 245-272.

74) Ebenda, S. 257.

Wie stark (intensiv) Maßnahmen der Verschleißhemmung auf die Planung der Verschleißbeseitigungszyklen einwirken, läßt sich im Falle sicherer Erwartungen relativ einfach dadurch bestimmen, daß man die für alternative Intensitäten der Verschleißhemmungsmaßnahmen bzw. für alternative Verschleißhemmungsstrategien sich ergebenden Verläufe der Verschleißwirkungen als Ausfluß der Veränderung der Verschleißprozesse (und gegebenenfalls der Reparaturkosten) entsprechend der bereits beschriebenen Vorgehensweise ermittelt und die Kombination auswählt, die zu der insgesamt geringsten Summe aus Verschleißhemmungs- und -beseitigungskosten einerseits sowie der Verschleißwirkungen andererseits führt[75].

Zusätzlich zu dem genannten Einfluß führt die Planung verschleißhemmender Maßnahmen dazu, daß aufgrund der planmäßigen Gestaltung der Verschleißprozesse einzelner Instandhaltungsobjekte gleichzeitig auch eine wichtige Voraussetzung für eine bessere Abstimmung der Reparaturzeitpunkte für mehrere Anlagegegenstände geschaffen wird[76].

Die Berücksichtigung der Auswirkungen der Festlegung der Instandhaltungspolititk auf die Instandhaltungskapazitäten und die Liquidität kann nur im Rahmen der Abstimmung der Instandhaltungspolitiken aller Instandhaltungsobjekte mit der Kapazitätsplanung und der langfristigen Planung der Fremdinstandhaltung erfolgen[77].

---

75) Eine Beispielrechnung führt für diesen Fall durch MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 263f..

76) Für den Fall sicherer Erwartungen wurde von LANGE (Herbert: Das System der planmäßigen Instandhaltung von Maschinen, in: Werkstattstechnik und Maschinenbau, 48. Jg. (1958), Heft 4, S. 222-226, hier insbesondere S. 223f.) ein Beispiel zur Abstimmung von Reparaturterminen aufgestellt, das in der Literatur häufig aufgegriffen wird; vgl. z. B. KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 32of. ; MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 141-143.

77) Vgl. hierzu ausführlicher den Abschnitt B I. dieses Kapitels. Gegenüber der hier vertretenen Ansicht geht SCHELO (S. J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 16o) davon aus, daß eine bestimmte Strategie dann abzulehnen sei, wenn sie zu einer Überschreitung des (fest vorgeschriebenen) Budgets führe. Dem kann einer-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Die Abhängigkeit der Instandhaltungskosten vom gewählten Instandhaltungsverfahren[78] kann bei der langfristigen Planung der Instandhaltungspolitik nur insoweit berücksichtigt werden, als im Rahmen langfristiger Verfahrenswahlüberlegungen darüber zu entscheiden ist, welche Anlagen bzw. welches Personal für die Instandhaltung bereitgestellt werden sollen, was aber wiederum vor allem ein Problem der Planung der Instandhaltungskapazität und deren Abstimmung mit der langfristigen Wahl zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung ist.

Sofern sich die Instandhaltungsplanung nicht an der Kalenderzeit als Haupteinflußgröße auf den Verschleißprozeß orientieren kann, weil der Verschleiß vornehmlich von anderen Faktoren - wie etwa der Betriebszeit oder einer Maßgröße des Leistungsvolumens (produzierte Stück, Tonnen, gefahrene Kilometer) - verursacht wird, muß man (sofern diese Größen nicht eine eindeutige Relation zur Kalenderzeit aufweisen, wie dies im Fall kontinuierlicher Produktion für die Betriebszeit gilt) diese Einflußfaktoren der Instandhaltungspolitikplanung zugrundelegen[79]. Eine Beziehung zwischen der Kalenderzeit und solchen anderen Bestimmungsfaktoren des Verschleißes

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
seits aus dem genannten Grund und andererseits auch deshalb nicht gefolgt werden, weil (zumindest theoretisch) eine simultane Planung der Instandhaltungspolitik und des Instandhaltungsbudgets zur Erstellung des Gesamtbudgets des Unternehmens erforderlich ist. Ein interessantes Beispiel aus der Praxis nennt für den Fall, daß das Instandhaltungsbudget die Instandhaltungspolitik (mit) bestimmt, NEWBROUGH, E. T.: Effective Maintenance Management, S. 274: Aufgrund der Gewinnbeteiligung eines Bereichsmanagers wurde von diesem das Instandhaltungsbudget über eine Dauer von fünf Jahren auf die Ausgaben für die allernötigsten Instandhaltungsarbeiten beschränkt. Diese einseitige Festlegung führte dazu, daß in den folgenden sieben Jahren eine exzessive Steigerung der Instandhaltungskosten erforderlich war, bis diese wieder auf dem Niveau lagen, das für eine wirtschaftliche Bekämpfung des Verschleißes notwendig war.

78) Hierauf wird ausführlich in den Abschnitten A I. und B I. des fünften Kapitels dieser Arbeit eingegangen.

79) Vgl. z. B. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 51.

kann grundsätzlich außerdem auch dann aufgestellt werden, wenn bereits eine entsprechende zeitbezogene Planung der Nutzung (Auslastung) der betreffenden Anlagen existiert. Für die langfristige Planung der Instandhaltungspolitik wird davon allerdings in der Regel nicht ausgegangen werden können. Unter diesen Umständen wird es erforderlich, die Reparaturzyklen ganz ähnlich, wie dies für die Kalenderzeit als Verschleißbestimmungsfaktor dargelegt wurde, in Abhängigkeit von der Betriebszeit oder der Ausprägung der zugrundegelegten Maßgröße des Leistungsvolumens zu planen. Ein für die Instandhaltungsplanung wesentlicher Unterschied zu der kalenderzeitabhängigen Planung ergibt sich hierbei allerdings deswegen, weil man in besonderer Weise dafür Sorge tragen muß, daß die Verschleißbeseitigungsmaßnahmen auch entsprechend der Planung durchgeführt werden, um so ein eventuelles "Verpassen" des geplanten Reparaturzeitpunktes zu vermeiden. Wichtig ist dies insbesondere dann, wenn - vornehmlich bei sprunghaft ansteigenden Verschleißwirkungen - nicht rechtzeitig durchgeführte Reparaturen zusätzliche Verschleißwirkungen in erheblichem Umfang verursachen.

Dies deutet schon darauf hin, daß selbst im Fall sicherer Informationen über den Verschleißprozeß und die Entwicklung der Verschleißwirkungen in Abhängigkeit vom Verschleißniveau eine einfache Reparaturstrategie, wie dies zumeist in der Literatur beschrieben wird, nicht ausreicht. Vielmehr muß in diesem Fall eine Überwachung der Ausprägung der Maßgröße der Verschleißbestimmungsfaktoren durchgeführt werden, die durchaus - in Ablehnung an eine entsprechende Überwachung der Verschleißwirkungen (z. B. Verbrauchs- oder Leistungskontrollen), aus der auf das jeweilige Verschleißniveau geschlossen werden soll - als "indirekte" Verschleißbeobachtung[8o)] bezeichnet werden kann. Dabei genügt es nicht, die Betriebszeit (oder eine leistungsbezogene andere Größe) der Anlage insgesamt

---

8o) Auch SCHEER, (A.-W.: Instandhaltungspolitik, S. 33) versteht dies als eine indirekte Messung des Zustandes (Verschleißes) eines Anlagenteils.

zu überwachen. "Man denke etwa daran, das Alter der Einzelteile einer Werkzeugmaschine in Leistungseinheiten zu messen. Da sich der "Altersaufbau" einer Anlage durch Reparaturen laufend verändert, genügt es nicht, nur das Alter der Gesamtanlage zu registrieren"[81]. Ein weiterer Grund für die Notwendigkeit der Bezugnahme auf einzelne Anlagengegenstände bei der Kontrolle der Ausprägung der Maßgröße der Verschleißbestimmungsfaktoren ist etwa auch darin zu sehen, daß nicht alle Anlagenteile in Betrieb sein müssen, wenn dies für die Anlage insgesamt gilt und umgekehrt. So werden z. B. einzelne Elemente nur zum Ingangsetzen, Stillsetzen, Rüsten usw. benötigt[82].

Bevor man jedoch dazu übergeht, die einzelnen Anlagengegenstände jeweils einzeln zu überwachen, sollte man die Kosten damit verbundener Maßnahmen - wie z. B. die Beschaffung und den Einbau entsprechender Meß- oder Aufzeichnungsgeräte - gegen die möglicherweise entstehenden nachteiligen Auswirkungen einer nicht in jedem Fall entsprechend der Planung durchgeführten Instandhaltung abwägen[83]. Damit ist die bereits beschriebene Alternative gemeint, unter Inkaufnahme entsprechender Ungenauigkeiten die Betriebszeit (oder eine andere leistungsbezogene Grösse) eines Anlagenteils in Kalenderzeiteinheiten bzw. auf die Betriebszeit der Anlage umzurechnen. Letzteres wird z. B. dann möglich, wenn analytisch oder (tendenziell) eher) empirisch-statistisch festgestellt werden kann, ob bzw. wie die "Betriebszeit" des Anlagenteils immer oder doch überwiegend mit einer bestimmten Phase der "Betriebsmittelzeit" der Anlage verbunden ist. Je ungenauer allerdings eine solche Umrechnung ist, desto weniger kann die gewählte Größe (also z. B. die Betriebszeit der Anlage) die wirkliche Belastung des Anlagenteils

---

81) KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltun S. 79; vgl. ähnlich z. B. STEFFEN, R.: Anlagenkosten, S. 3o3f..
82) Vgl. hierzu im einzelnen den Abschnitt C des dritten Kapitels.
83) Vgl. zu einem solchen Kompromiß zwischen der Feinheit als Maßgröße und der Eignung als Planungsgrösse auch SCHEER, A.-W.: Instandhaltungspolitik, S. 34.

wiedergeben. Infolgedessen erhält die Beziehung zwischen der so gewählten Einflußgröße und dem Verschleißniveau[84] stochastischen Charakter, womit auch das Verschleißniveau in Abhängigkeit von der Zeit eine Zufallsvariable wird. Dies gilt umso eher, je weniger der Verschleiß allein von einem einzigen Einflußfaktor bestimmt wird[85].

b) Der Einfluß unsicherer Informationen über die Bestimmungsfaktoren auf die Festlegung der Instandhaltungspolitik

In den meisten Fällen kann man nun - zusätzlich zu den bereits angesprochenen Problemen - nicht davon ausgehen, daß die benötigten Informationen über den Verschleiß und seine Wirkungen vollständig und/oder mit Sicherheit bekannt sind. Unsicherheiten können aus einer Reihe möglicherweise auftretender Prognoseprobleme resultieren.

Vielfach ist die Prognoseunsicherheit auf die mangelnde Kenntnis des Verschleißprozesses zurückzuführen, auch dann, wenn die Entwicklung der Verschleißwirkungen in Abhängigkeit vom Verschleißniveau als bekannt unterstellt werden kann[86]. Oftmals wird der Verschleiß durch das Zusammenwirken einer Vielzahl von Ursachen hervorgerufen, deren Wirkungen auf das Verschleißniveau weder im einzelnen noch in der Gesamtheit (hinreichend)

---

84) Vgl. hierzu den IV. Quadranten der Abb. 4.4.

85) "Die Angabe des technischen Zustands eines Teils mittels einer aggregierten Hilfsgröße hat damit den Übergang von einem deterministischen Abnutzungsprozeß zu einem stochastischen Prozeß zur Folge...". SCHEER, A.-W.: Instandhaltungspolitik, S. 34. Vgl. zum Begriff des stochastischen Prozesses z. B. TAKACS, T.: Stochastische Prozesse, München 1966, S. 9.

86) In diesem Fall läßt sich auch die Abhängigkeit der Verschleißwirkungen von der Ausprägung des Verschleißbestimmungsfaktors bzw. der Verschleißbestimmungsfaktoren nicht mehr eindeutig angeben. Selbst wenn das Verschleißniveau nur von einem Einflußfaktor abhängt, können die Abhängigkeiten des Verschleißniveaus vom Verschleißbestimmungsfaktor einerseits und des Niveaus der Verschleißwirkungen vom Verschleißbestimmungsfaktor nicht mehr eindeutig angegeben

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

bekannt sind[87]. So können selbst dann Unterschiede im Verschleißprozeß mehrerer Teile auftreten, wenn ihre Belastung gleich ist bzw. wenn durch die Belastung keine (bzw. vernachlässigbar geringe) Streuungen des Verschleißprozesses hervorgerufen werden. Dies ist sogar dann vielfach zu beobachten, wenn die Teile von demselben Hersteller und sogar aus der gleichen Serie stammen[88]. Solche Schwankungen der Teilequalitäten sind z. B. bei Gegenständen oft nicht zu vermeiden, bei denen eine strenge Qualitätskontrolle (seitens des Herstellers) mit unverhältnismäßig hohen Kosten verbunden ist, wie etwa dann, wenn diese die Zerstörung des Teils voraussetzt, somit also der Stichprobenumfang bei der Qualitätskontrolle klein gehalten werden muß[89]. Darüber hinaus können Beschädigungen durch die Montage verursacht werden[90].

Ein gleicher Einfluß kann auch von der teilweise unterschiedlichen Qualität von Instandhaltungs- und hier insbesondere Verschleißbeseitigungsmaßnahmen ausgehen. In manchen Fällen schwankt die Widerstandsfähigkeit der Anlagenelemente trotz gleichbleibender Belastung auch rein zufällig, wie etwa bei der Korrosion von Metallen. Hier weisen die einzelnen Regionen innerhalb der kristallinen Struktur eine unterschiedliche, rein zufällige Widerstandsfähigkeit auf[91].

Je nach dem Ausmaß der Streuung der Verschleißgeschwindigkeit, das durch die Ausgangsbeschaffenheit der Instandhaltungsobjekte hervorgerufen wird, unterscheidet

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
werden. In der Abb. 4.4 ergäbe sich somit für die genannten Zusammenhänge in den Quadranten II und IV ein Streubereich um die zuvor als sich angenommenen Beziehungen.

87) Vgl. hierzu auch den Abschnitt C des vierten Kapitels dieser Arbeit.

88) Vgl. so z. B. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 64; KÖLBEL, H. - SCHULZE, J.: Die Anlagenrechnung in Chemiebetrieben, S. 81; DIETZ, H.: Reparaturplanungen, S. 94.

89) Vgl. ausführlicher hierzu SMITH, C. S.: Quality and

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

man auch zwischen Modellen zur Instandhaltungsplanung bei homogener (die Streuung ist vernachlässigbar gering) und heterogener (Streuung übt maßgeblichen Einfluß aus) Qualität der Instandhaltungsobjekte[92].

Für Streuungen der Geschwindigkeit des Verschleißfortschritts können außer einer unterschiedlichen Widerstandsfähigkeit auch Schwankungen der Belastung der Instandhaltungsobjekte - z. B. bedingt durch unterschiedliche Arten und Qualitäten der zu be- oder verarbeitenden Werkstoffe - verantwortlich sein[93].

Vielfach ist zudem nicht genau bekannt, ob mit einem bestimmten Verschleißniveau das kritische Verschleißniveau erreicht ist oder nicht[94]. Dies kann etwa darauf zurückzuführen sein, daß sich die Widerstandsfähigkeit des Instandhaltungsobjektes im Zeitablauf verändert[95].

Unterschiedliche Beschaffenheiten und Belastungen der Anlagenelemente bewirken somit, daß der Verschleißprozeß als Realisation eines Zufallsprozesses angenommen werden muß.

Schließlich kann sich außerdem der Charakter dieses Prozesses im Zeitablauf verändern, weil z. B. der technische Fortschritt die Widerstandsfähigkeit der beispielsweise

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
Reliability, An Integrated Approach, London 1969.

90) Vgl. SCHEER, A.-W.: Instandhaltungspolitik, S. 36.

91) Vgl. GERTSBAKH, I. B. - KORDONSKIY, K. B.: Models of Failure, Berlin-Heidelberg-New York, 1969, S. 34.

92) Vgl. so KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 16.

93) Vgl. so bspw. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 87.

94) Vgl. so auch KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 12f.; MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 64.

95) GERTSBAKH (I.B.) und KORDONSKIY (K. B.: Models of Failure, S. 2o) weisen darauf hin, daß durch ein Absinken der Grenzbelastbarkeit im Zeitablauf ein bestimmtes Verschleißniveau zu einer sprunghaften Zunahme der Verschleißwirkungen führen kann, auch wenn von demselben Verschleißniveau im Zeitraum (zumeist anfänglich) hoher Grenzbelastung keine Verschleißwirkungen hervorgerufen werden. Beispielhaft führen sie das Verhalten keramischer Werkstoffe von Radio-Ele-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

im Rahmen von austauschenden Verschleißbeseitigungsmaßnahmen ausgewechselten Teile oder sich deren Beanspruchung nachhaltig verändert[96].

Je nachdem, welche Informationen über den Verschleißprozeß verfügbar sind, lassen sich Wahrscheinlichkeitsverteilungen für das Erreichen eines bestimmten Verschleißniveaus in Abhängigkeit von dem Bestimmungsfaktor des Verschleißes aufstellen. Vielfach wird man hieraus zumindest ungefähre Vorstellungen über den Verschleißverlauf erhalten und so gegebenenfalls Aussagen über den Verlauf der Verschleißrate machen können. Aus dem Verlauf der Verschleißrate lassen sich Hypothesen über den Typ der Ausfallverteilung ableiten[97], die dann allerdings die zumindest ungefähre Kenntnis über den Verschleißprozeß auf Informationen über nur zwei unterschiedliche Verschleißniveaus - "ausgefallen" und "nicht ausgefallen" - komprimiert. Mittels statistischer Methoden sind solche Hypothesen über den Typ der Ausfallverteilung zu testen und durch Anwendung statistischer Verfahren aufgrund (realisierter oder simulierter) Verschleiß- und Laufzeitdaten die Parameter der Verteilung zu schätzen[98]. Hierbei lassen sich wiederum stationäre

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
menten an, die in einer "Sättigungsphase" Feuchtigkeit aufnehmen, wodurch ihr elektrostatischer Widerstandswert auf ein niedrigeres Niveau abfällt und erst danach Spitzenspannungen zu Ausfällen führen.

96) Eine nachhaltige Veränderung des Belastungsprozesses kann z. B. erreicht werden, indem man die Verwendung der Objekte verändert usw. Vgl. hierzu z. B. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 66. Der Fall, daß dadurch hervorgerufene Veränderungen in die Verschleißanalyse und -prognose und die darauf aufbauende Planung der Instandhaltungspolitik nicht einbezogen werden, wird durch die Prämisse eines "stationären" Prozesses ausgeschlossen; vgl. zum Begriff der Stationaität KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 23.

97) Insbesondere bei homogener Qualität der Teile ist es der durch den Belastungsprozeß ausgelöste Verschleißprozeß, der Typ und Parameter der Verteilung bestimmt.

98) KÜPPER (W.: Planung der Instandhaltung, S. 21-65) untersucht hierzu in Anlehnung an GERTSBAKH (I. B.) und KORDONSKIY (K. B.: Models of Failure) ausführlich die Möglichkeiten der Aufstellung von Wahrscheinlich-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

und adaptive Prognosen unterscheiden, wobei letztere durch die Einbeziehung laufend neu gewonnener Daten eine Verbesserung der Schätzwerte erlauben[99].

Eine häufig für die Zwecke der Instandhaltungsplanung verwendete komprimierte Information über die Ausfallverteilung ist die Ausfallneigung, die sich aus der Aus-

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
keitsverteilungen unter bestimmten alternativen Hypothesen hinsichtlich Art, Eigenschaften und Wirkungen eines Zufallsprozesses. Vgl. zu den Möglichkeiten der Datengewinnung auch MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 86. So läßt bspw. eine konstante erwartete Verschleißrate eine spezielle Erlangverteilung oder eine Gammaverteilung erwarten, die durch eine Normalverteilung approximiert werden kann; vgl. so KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 21. Eine zeitabhängige (sinkende oder steigende) Verschleißrate läßt entweder eine Gammaverteilung oder eine logarithmische Gammaverteilung vermuten, die wiederum durch eine Normalverteilung approximiert werden können (vgl. ebenda S. 32-45). Ist der Verschleißprozeß ein reiner Zufallsprozeß, ergibt sich eine Exponentialverteilung. Folgt das Anfangsniveau der Teile einer Normalverteilung und ist der Verschleißprozeß ein Zufallsprozeß, erhält man eine sogenannte Bernsteinverteilung. Insbesondere für das Ausfallverhalten mehrteiliger Anlagen, deren Elemente einem Normalverschleiß unterliegen, erhält man eine Weibullverteilung, die auch dann das Ausfallverhalten einer Gesamtanlage hinreichend genau wiedergibt, wenn die Ausfallverteilungen einzelner Elemente geringe Abweichungen aufweisen (vgl. ebenda S. 67). Vgl. zur Gewinnung von Ausfallverteilungen auch SCHEER, A.-W.: Instandhaltungspolitik, S. 37-43.

99) Besondere Bedeutung haben als Möglichkeit zur adaptiven Prognose sogenannte Bayes'sche Schätzverfahren. Bei ihrer Anwendung geht man zunächst von noch relativ wenigen Informationen aus und stellt anhand dieser eine (statistisch gesicherte) erste "A-priori"-Verteilung auf, die bei Gewinnung neuer Informationen entsprechend modifiziert wird zu der sogenannten "A-posteriori"-Verteilung. Dieser Prozeß läßt sich fortsetzen, wobei jeweils die A-posteriori-Verteilung einer Schätzung mit der A-priori-Verteilung der folgenden Schätzung identisch ist. Vgl. hierzu ausführlich STURM, S.: Mehrstufige Entscheidungen unter Unsicherheit - Zur Theorie adaptiver Prozesse, Meisenheim am Glan 197o.

fallverteilung ableiten läßt[100]. Bei einer genügend großen Zahl von Instandhaltungsobjekten bzw. während der Lebensdauer einer Reihe von Instandhaltungsobjekten hat die Ausfallneigung den in Abb. 4.6 wiedergegebenen typischen Verlauf[101].

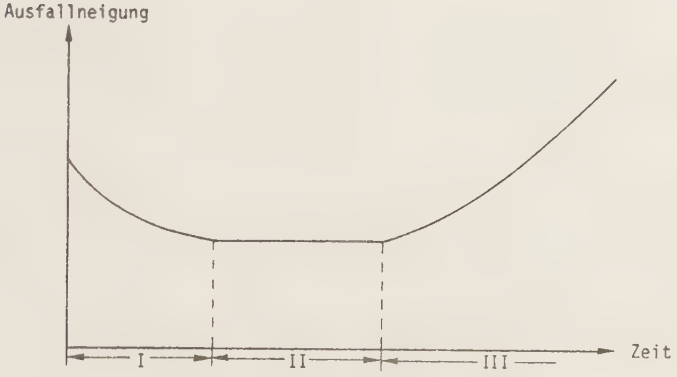
Schließlich kann eine Berücksichtigung der Übergangswahrscheinlichkeiten von einem Verschleißniveau zu einem anderen (einschließlich des kritischen Verschleiß-

---

100) Vgl. z. B. KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 72. Die "Ausfallneigung" oder "Ausfallrate" ist definiert als die Dichte der bedingten Ausfallwahrscheinlichkeit zum Zeitpunkt t unter der Voraussetzung, daß bis zu diesem Zeitpunkt ein Ausfall des betreffenden Teils noch nicht erfolgt ist. Formal ist sie somit als Quotient aus der Dichtefunktion (f(t)) und der dieser zugrundeliegenden Durchlaufwahrscheinlichkeitsverteilung (1-F(t)) zu ermitteln, wobei F(t) die Ausfallverteilung ist. Vgl. so z. B. KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 19.

101) Vgl. ROBERTS, N. H.: Mathematical Methods in Reliability Engineering, New York - Toronto - London 1964, S. 44; SCHNEIDER, L. J.: Predicting Burn-in Time by Computer Analysis, in: Annals of Reliability and Maintenability Conference, New York 1966, S. 31. Vgl. hierzu auch MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 89; PILZ, Volker F. - SCHACHT, Norbert - THEIS, Wolfgang: Langfristige Grobplanung in der Instandhaltung, in: Fortschrittliche Betriebsführung und Industrial Engineering, 24. Jg. (1975), Heft 2, S. 95-98, hier S. 96f.; SPITTA, (T.: Entwurf und Implementierung, S. 12) kritisiert, daß der in Abb. 4.6 dargestellte Verlauf der Ausfallneigung empirisch zu wenig abgesichert sei und daß manche Teile, wie etwa viele elektronische Bauelemente, eine konstante Ausfallrate aufweisen (so auch KRESS, H.: Untersuchungen zur Bestimmung der optimalen Organisation von Instandhaltungsarbeiten, S. 16). Dem ist insofern zuzustimmen, als der Verlauf der Ausfallneigung sicher nicht für alle Teile Gültigkeit haben kann und auch bei ähnlichen Teilen durchaus nicht gleich verläuft. So hat bspw. HUMMITSCH (P.: Zuverlässigkeit von Systemen, 2. Aufl., Braunschweig 1965, S. 27) festgestellt, daß der Teil der Kurve, der eine konstante Ausfallrate zeigt, bei mechanischen Teilen sehr kurz wird. Aber auch dieses Ergebnis kann wohl nicht unbedingt als generell gültig angesehen werden. Der in Abb. 4.6 gezeigte Verlauf soll letztlich ja auch nur eine Tendenzaussage wiedergeben.

Abb. 4.6: Schematische Darstellung des Verlaufs der Ausfallneigung für ein typisches Verschleißteil



Phase I : sinkende Ausfallneigung (Frühausfälle)
Phase II : konstante Ausfallneigung (Zufallsausfälle)
Phase III : steigende Ausfallneigung (Altersausfälle)

niveaus) durch die Anwendung von Markov-Prozessen erfolgen[1o2)].

1o2) Die Anwendung von Markov- und Semi-Markov-Prozessen geht davon aus, einem Instandhaltungsobjekt eine größere Zahl von möglichen Zuständen zuzuordnen. Diesen Zuständen (z. B. Verschleißniveaus) werden dann die entsprechenden Zustandsverweilzeiten zugeordnet (der Verschleißprozeß muß somit diskretisiert sein oder approximativ so erfaßt werden) und man ermittelt die Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen den einzelnen Zuständen. Mit diesen Informationen läßt sich dann mit Optimierungsalgorithmen (z. B. dynamische Optimierung) der Zustand bestimmen, bei dem eine geplante Instandhaltung erfolgen soll. Vgl. hierzu ausführlich KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 93-139 sowie die dort angegebene Literatur. Vgl. außerdem SCHEER, A.-W.: Instandhaltungspolitik, S. 62-65; KAO, E. P. C.: Optimal Replacement Rules when Changes of State are Semi-Markovian, in: Operations Research, Vol. 21 (1973), S. 1232-1249; TAHARA, A. - NISCHIDA, T.: Optimal Replacement Policies for a Repairable System with Markovian Transition of States, in: Journal of the Operations Research Society of Japan, Vol. 16 (1973), S. 78-1o3.

Sofern Ausfallverteilungen mit ausreichender Sicherheit bezüglich ihres Typs und ihrer Parameter gewonnen werden können, lassen sich wiederum periodische Instandhaltungsstrategien aufstellen. Dabei soll hier zunächst angenommen werden, daß über den Verschleißprozeß Wahrscheinlichkeitsverteilungen für das Erreichen bestimmter Verschleißniveaus in Abhängigkeit von der Ausprägung des Verschleißbestimmungsfaktors bekannt sind, daß die Abhängigkeit des Niveaus der Verschleißwirkungen vom jeweiligen Verschleißniveau mit Sicherheit bekannt ist und sich die Beziehung zwischen dem (dominierenden) Bestimmungsfaktor des Verschleißes und der Kalenderzeit eindeutig angeben läßt[1o3)].

Im Fall allmählich zunehmender Verschleißwirkungen bei Sukzessivverschleiß ändert sich für die Planung der Instandhaltungspolitik (zunächst unter Wiederaufnahme der für den Fall sicherer Erwartungen unterstellten Prämissen) gegenüber dem deterministischen Fall allein die Sicherheit der Daten, die jetzt durch Erwartungswerte abgelöst werden[1o4)].

1o3) Die folgenden Ausführungen gelten übrigens prinzipiell in gleicher Weise, wenn über den Zusammenhang zwischen Verschleiß- und Verschleißwirkungsniveau nur Wahrscheinlichkeitsaussagen gemacht werden können, der Verschleißprozeß aber mit Sicherheit bekannt ist.

1o4) Daß mit Erwartungswerten zu rechnen ist und nicht mit anderen Kriterien, wie etwa Minimax-, Hurwicz-, Minimum-Regret-Kriterium und ähnlichen hat die Entscheidungstheorie nachgewiesen für die Fälle, daß sich die Verschleißbeseitigung genügend oft wiederholt, somit also eine kurze "Wirkungsdauer" hat. Solche Kriterien verwendet bspw. KREUL, Johannes: Ermittlung optimaler Instandhaltungsstrategien, S. 439-441. Vgl. dagegen OPFERMANN, K.: Kostenoptimale Zuverlässigkeit, S. 62-86 und die dort angegebene Literatur; MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 68-7o; AGHTE, Klaus: Das Problem der unsicheren Erwartungen bei unternehmerischen Entscheidungen und Planungen, in: Unternehmensplanung, hrsg. von Klaus AGHTE und Erich SCHNAUFER, Baden-Baden 1963, S. 83-11o, hier S. 1o8-111; ALBACH, Horst: Wirtschaftlichkeitsrechnung bei unsicheren Erwar-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Sofern die Verschleißwirkungen in Abhängigkeit ·
schleißniveau sprunghaft ansteigen, muß man dagegen et-
was andere Überlegungen anstellen, weil es jetzt
kommen kann, daß ein Instandhaltungsobjekt ausfällt, be-
vor eine geplante Reparatur durchgeführt worden ist, was
dann entsprechende nachteilige ökonomische Konsequenzen
zur Folge hat[1o5].

Sofern die bei einem Ausfall entstehenden Nachteile sehr hoch sind, wird es sinnvoll, die Reparatur bereits eine Zeitlang vorher durchzuführen, sofern die Kosten einer geplanten Reparatur niedriger sind als die einer ausfallschadenbedingten, wenn man nicht dazu übergeht (wegen der zusätzlichen Kosten) oder nicht dazu übergehen kann (aus technischen Gründen), den Verschleißverlauf durch Inspektionen zu überwachen. In diesem Fall (bei Verzicht auf Inspektionen) ist außer dem Verhältnis zwischen den Kosten einer geplanten und einer ausfallschadenbedingten Verschleißbeseitigung noch die Wahrscheinlichkeitsverteilung (bzw. der Erwartungswert) für das Erreichen eines bestimmten Verschleißniveaus bzw. die Ausfallverteilung zu beachten[1o6]. Sofern die Ausfallneigung in jedem Zeitpunkt gleich groß ist[1o7] oder im Zeitablauf sogar sinkt[1o8],

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
tungen, Köln und Opladen 1959, S. 95; SCHEER, A.-W.: Instandhaltungspolitik, S. 55f.; SCHNEEWEISS, H.: Entscheidungskriterien bei Risiko, Berlin-Heidelberg-New York 1967.

1o5) Vgl. dazu ausführlicher den Abschnitt D des dritten Kapitels dieser Arbeit sowie zu den spezifischen Vorteilen der ausfallschadenvorbeugenden Reparatur MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 77-82.

1o6) Ein Beispiel hierzu bringt GOTTSCHALK, E. u. a.: Ermittlung einer Instandhaltungsstrategie, S. 92-94. Wie weit man in den Streubereich hineingeht, muß eine Wirtschaftlichkeitsrechnung klären; vgl. so MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitfragen, S. 94.

1o7) Das bedeutet, daß die Ausfallverteilung eine Exponentialverteilung (bzw. eine geometrische Verteilung bei diskretisierten Wahrscheinlichkeiten) ist (vgl. KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 24f.) und somit die Wahrscheinlichkeit für einen Ausfall zu jedem beliebigen Zeitpunkt - also auch nach einer gerade durchgeführten Reparatur - gleich hoch ist.
Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

ist eine geplante (ausfallschadenvorbeugende) Reparatur nicht sinnvoll[1o9)]. In diesen Fällen ist somit die "Basispolitik" optimal, d. h. eine Instandhaltungsmaßnahme wird erst nach einem Ausfall ausgeführt.

Für den Fall, daß über den Verschleißprozeß (nur) eine Ausfallverteilung aufgestellt werden kann, ist bei unbegrenzter Verwendungsdauer des Instandhaltungsobjekt-(typ)s wiederum eine periodische Verschleißbeseitigungsstrategie optimal[11o)].

Sofern nun allerdings die Streuung des Verschleißniveaus sehr groß ist (weil z. B. der Belastungsprozeß stark variiert) kann es sinnvoll sein, nicht eine bezüglich der Ausprägung des Verschleißbestimmungsfaktors periodische Verschleißbeseitigungsstrategie zu wählen, sondern stattdessen jeweils beim Erreichen eines bestimmten Niveaus des Verschleißes - wenn die Abhängigkeit der Verschleißwirkungen vom Verschleißniveau bekannt ist -

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:

1o8) Diese Ausfälle werden vielfach auch als "Frühausfälle" (initial failure) bezeichnet; vgl. so MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 89 und die in den Fußnoten 87 und 88 sowie Fußnote 89 auf S. 9o genannte Literatur. Einen exakten mathematischen Beweis für die (allerdings ohnehin plausible) These, daß in diesem Fall eine vorbeugende Reparatur nicht sinnvoll ist, liefern DENARDO, E. V. - FOX, B. L.: Nonoptimality of Planned Replacement in Intervals of Decreasing Failure Rate, in: Operations Research 15. Jg. (1967), S. 358-359.

1o9) Vgl. hierzu z. B. KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 238; BUSSMANN, K. F. u. a.: Instandhaltungsstrategien, S. 31; JARDINE, A. K. S.: Decision making in maintenance, in: Construction, Methods and Equipment, January 1974, S. 35-39, hier S. 37; MERTENS P.: Instandhaltungsstrategien, S. 1o1. DERS.: Instandhaltungsplanung, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, hrsg. von Erwin GROCHLA und Waldemar WITTMANN, Bd. I/2, 4. Aufl., Stuttgart 1975, Sp. 1966-197o, hier Sp. 1967; RINNE, [illegible].: Instandhaltungsstrategien, S. 82; KRESS, H.: Untersuchungen zur Bestimmung der optimalen Organisation von Instandhaltungsarbeiten, S. 25.

11o) Vgl. zum allgemeingültigen Beweis hierzu und zur Optimalität periodischer Strategien BARLOW, R. E. - PROSCHAN, F.: Planned Replacement, S. 67f. und 85f.; MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 93-1o1; KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 251-253.

Verschleißbeseitigungsmaßnahmen durchzuführen[111]. Bezogen auf das Verschleißniveau ist eine solche Politik zwar ebenfalls periodisch, aber sie ist aperiodisch - zumindest in der Regel - bezüglich der Kalender- oder Betriebszeit. In diesem Fall muß man außerdem dazu übergehen, das Verschleißniveau zu überwachen. Eine solche verschleißniveauorientierte Instandhaltungspolitik bietet sich besonders dann an, wenn der Verschleißprozeß noch nicht genügend bekannt ist (z. B. bei neuen Anlagen, von denen nur eine geringe Zahl im Unternehmen vorhanden ist), wenn sich der Verschleiß leicht überwachen läßt und der Zusammenhang zwischen Verschleißniveau und Niveau der Verschleißwirkungen bekannt ist oder doch zumindest leicht auf das Niveau der Verschleißwirkungen geschlossen werden kann[112]. Häufig lassen sich die bei Inspektionen festgestellten, realisierten Verschleißniveaus zu der bis dahin jeweils erreichten Ausprägung der Maßgröße des Verschleißbestimmungsfaktors in Beziehung setzen und so Gesetzmäßigkeiten herausarbeiten[113].

Wirtschaftlich wird eine Inspektion von einzelnen Anlagegegenständen in der Regel besonders dann, wenn bei einem Ausfall ins Gewicht fallende wirtschaftliche Nachteile in Kauf zu nehmen sind oder wenn dadurch eine spürbar bessere Ausnutzung der Totalkapazität dieser Instandhaltungsobjekte möglich wird. Der positive Effekt wird dann noch verstärkt, wenn die Kosten einer Verschleißbeseitigung sehr hoch sind, und somit die Zahl der Reparaturen sowie die davon abhängigen Kosten gesenkt werden können. Andererseits sind mit solchen Inspektionen auch zusätzliche Kosten verbunden, die den genannten Vorteilen gegenüberzustellen sind, bevor man sich für eine solche Instandhaltungspolitik entscheidet[114].

111) Vgl. hierzu MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 1o3-1o8.
112) Vgl. ebenda, S. 68.
113) Vgl. ebenda, S. 9of.
114) Die Ausführungen lassen erkennen, daß eine Inspektionsstrategie auch für industrielle Anlagen zu er-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Sofern man sich zu einer entsprechenden Inspektionsstrategie entschließt, sind wiederum die Inspektionsintervalle optimal festzulegen (sofern von diskreten Inspektionen ausgegangen wird[115]), d. h. so zu bestimmen, daß die Summe aus Inspektionskosten, Reparaturkosten und Verschleißwirkungen im Durchschnitt je Zeiteinheit eines Reparaturintervalles minimal wird[116].

Sofern man vor der Entscheidung für eine verschleißabhängige Inspektions- und Reparaturstrategie steht, hat man außer den genannten Bestimmungsfaktoren auch den Einfluß anderer bei der Darstellung der Instandhaltungspolitikfestlegung aufgrund sicherer Erwartungen bereits angesprochener Faktoren zu berücksichtigen. Die Einbeziehung solcher anderer Einflüsse gestaltet sich allerdings in diesem Fall zum Teil erheblich schwieriger und wird teilweise sogar unmöglich. Noch relativ leicht gelingt bei dieser Politik die Beachtung (kurzfristiger) Schwankungen der Inspektions- und Verschleißbeseitigungskosten sowie der Verschleißwirkungen, wenn jeweils erst im Anschluß an eine Inspektion der Zeitpunkt der nächsten Maßnahme sowie deren Art (Inspektion oder Reparatur) festgelegt wird. Dies gilt auch für die Berücksichtigung vom Verschleißniveau abhängiger Reparaturkosten.

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
heblichen Vorteilen führen kann. Demgegenüber wird in der Literatur vielfach davon ausgegangen, daß im Bereich der industriellen Produktion ein Ausfall ohnehin sofort erkennbar sei und daher keine Inspektionen durchgeführt werden müßten, Inspektionsstrategien somit nur oder zumindest vornehmlich im militärischen Bereich von Bedeutung seien. Vgl. so z. B. SPITTA, T.: Entwurf und Implementierung, S. 21; BUSSMANN, Karl F. u. a.: Instandhaltungsstrategien, S. 36.

115) KÜPPER (W.: Planung der Instandhaltung, S. 241) unterscheidet bspw. zwischen diskreten und stetigen Inspektionen.

116) Hierauf kann an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Vgl. hierzu z. B. KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 3oo-313; MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 1o3-1o8; ERNST, F.: Bereitschaftsstrategien, S. 63-73; GERTSBAKH, Ilya B.: Models of Preventive Maintenance, Amsterdam-New York-Oxford 1977, S. 121-214 und die dort jeweils angegebene Literatur.

Für den Fall sicherer Erwartungen wurde bereits angeführt, daß es bei verschleißniveauabhängig zunehmenden Reparaturkosten sinnvoll sein kann, auf einen gewissen Teil der Totalkapazität zu verzichten. Dieser Einfluß gewinnt möglicherweise an Gewicht, wenn die Streuung des Verschleißfortschritts relativ groß ist. Unter dieser Voraussetzung wird die Tendenz zu zusätzlichen, die Ausnutzung der Totalkapazität steigernden Inspektionen durch die verschleißstadiumsabhängige Reparaturkostenentwicklung gegebenenfalls umgekehrt, so daß es eventuell sogar wieder sinnvoll ist, zu einer periodischen Verschleißbeseitigungsstrategie überzugehen.

Eine langfristige Abstimmung einer unmittelbar verschleißorientierten Instandhaltungsplanung mit produktionsfreien Zeiten ist zwar nicht grundsätzlich unmöglich[117], weil eventuell zumindest periodische Inspektionen für solche Zeitpunkte eingeplant werden können - sofern diese regelmäßig aufeinanderfolgen, doch wird eine langfristige Abstimmung hinsichtlich der Reparaturen nicht mehr durchführbar.

Eine langfristige Abstimmung der Instandhaltungspolitik mit der bekannten Verwendungsdauer des betreffenden Instandhaltungsobjekttyps gelingt bei unsicheren Erwartungen über den Verschleißprozeß in der Regel nicht[118], weil in dieser Situation sequentielle Verschleißbeob-

---

117) So MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 117. Vgl. zur Abstimmung periodischer Reparaturstrategien mit solchen Reparaturgelegenheiten, die zufällig auftreten (speziell dann, wenn diese einer Exponentialverteilung folgen) KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 294-3oo.

118) So geht auch SCHWINN (Rolf: Überlegungen zur Bestimmung des optimalen Zeitpunktes von Maßnahmen der Anlagenunterhaltung und des Anlagenersatzes, in: Beiträge zur Unternehmensforschung, Festschrift für W. F. Riester zum 7o. Geb., hrsg. von Rolf SCHWINN, Würzburg-Wien 1972, S. 211-231, hier S. 219) davon aus, daß sich bei unsicheren Erwartungen "... die Möglichkeit, stichhaltige und verbindliche Plandaten zu ermitteln, praktisch auf Null (reduziert, der Verf.)."

achtungs- bzw. -beseitigungsstrategien anzuwenden sind[119].

Schließlich muß auch beachtet werden, ob nicht durch Maßnahmen der Verschleißhemmung eine geringere Streuung des Verschleißprozesses zu erreichen ist, so daß die Zahl der Insepktionen reduziert bzw. sogar gänzlich von einer Inspektionsstrategie Abstand genommen werden kann. Wenn entgegen der eben beschriebenen Möglichkeit einer verschleißniveauabhängigen Instandhaltungspolitik der Zusammenhang zwischen dem Niveau der Verschleißwirkungen und dem jeweiligen Verschleißniveau nicht bekannt ist oder auch dann, wenn der Verschleißprozeß selbst nicht oder nur unwirtschaftlich überwacht werden kann, kann man entweder wiederum eine z. B. in Abhängigkeit von der Kalender- oder Betriebszeit periodische Verschleißbeseitigungspolitik oder eine sich unmittelbar am Niveau der Verschleißwirkungen orientierende (Inspektions- und Reparatur-)Politik einplanen. Letzteres wird allerdings vielfach nur in Bezug auf die Gesamtanlage möglich sein[120]. Diesbezüglich gelten die gleichen Bedenken, wie sie bereits zur Anwendung einer betriebszeit- bzw. leistungs-

---

119) Vgl. zum Beweis BARLOW, R. E. - PROSCHAN, N.: Planned Replacement, S. 78-87. Dem Schluß, daß aufgrund der jeweils nach einer Maßnahme erforderlichen Neubestimmung des nächsten Inspektions- oder Reparaturintervalls die Anwendung einer sequentiellen Politik für die Instandhaltung von Fertigungsanlagen weniger zweckmäßig als die Einplanung einer periodischen Politik sei (so KRESS, H.: Untersuchungen zur Bestimmung der optimalen Organisation von Instandhaltungsarbeiten) kann jedoch insofern nur eingeschränkt zugestimmt werden, weil für diese Entscheidung die Vorteile einer solchen sequentiellen gegenüber einer periodischen Politik zuerst zu quantifizieren und dann den Mehraufwendungen in einer Wirtschaftlichkeitsrechnung gegenüberzustellen wären. Vgl. ausführlich zu sequentiellen Instandhaltungspolitiken insgesamt z. B. KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 188-235 und S. 300-313 sowie die dort angegebene Literatur.

120) Vgl. KÜPPER, (W.: Planung der Instandhaltung, S. 240 und 300f.), der betont, daß bei mehrteiligen Anlagen keine eindeutige Zuordnung von Verschleiß, Kosten und Leistung möglich ist, weil der Verbrauch und die Leistung vom Verschleißverhalten mehrerer Teile abhängen.

bezogenen Instandhaltungspolitik geäußert wurden.

Diese auf das Niveau der Verschleißwirkungen abstellende Politik ist außerdem nur bei solchen Instandhaltungsobjekten anwendbar, die allmählich zunehmenden Verschleißwirkungen unterliegen. Die Planung der Inspektionsstrategie kann in der gleichen Weise wie für die verschleißniveauabhängigen Inspektionen durchgeführt werden. Vorteilhaft wirkt sich allerdings vielfach aus, daß die Überwachung ohne Mehrarbeit durchgeführt werden kann, weil die Anlagenleistung und die Faktoreinsätze oftmals ohnehin für Zwecke der Kosten- und Leistungsrechnung oder auch aus anderen Gründen (z. B. Garantiepolitik) laufend oder doch zumindest in bestimmten Zeitabständen (im Sinne indirekter Inspektionen) kontrolliert und registriert werden. Zumeist ist auch keine Stillsetzung der Anlage erforderlich[121].

Langfristig führt die am Niveau der Verschleißwirkungen orientierte Instandhaltungspolitik solange zu niedrigeren durchschnittlichen Gesamtkosten (Inspektions- und Reparaturkosten sowie Verschleißwirkungen), wie die zusätzlichen Inspektionskosten nicht den Vorteil geringerer Reparaturkosten und Verschleißwirkungen kompensieren[122]. Relativ hohe Einsparungen an Reparaturkosten und Verschleißwirkungen werden umso eher zu erwarten sein, je größer die Streuung der Entwicklung der Verschleißwirkungen ist.

Für den Einfluß anderer Faktoren (begrenzte Nutzungsdauer, Schwankungen der Reparaturkosten[123]) gelten die bereits für den Fall verschleißniveauorientierter Instandhaltungspolitik vorgetragenen ähnlichen Überlegungen.

---

121) Vgl. z. B. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 73.
122) Vgl. ebenda, S. 74.
123) Vgl. zu dem Einfluß schwankender Reparaturkosten insbesondere MÄNNEL, Wolfgang: Planung der Reparatur bei schwankenden Reparaturkosten, in: ZwF, 69. Jg. (1974), Heft 2, S. 86.

Sind schließlich die Zusammenhänge zwischen den in Abb. 4.4 enthaltenen Größen nicht nur unsicher, sondern liegen (insbesondere über die Beziehung zwischen dem Niveau der Verschleißwirkungen, dem Verschleißstadium und der Ausprägung des bzw. der Bestimmungsfaktoren des Verschleisses) auch keine Wahrscheinlichkeitsverteilungen vor, so können je nach der Art der bekannten Informationen oft zumindest bestimmte Grenzen für diese Verteilungen angegeben werden. Am ungünstigsten liegen die Verhältnisse noch dann, wenn weder die Art (der Typ) noch die Parameter der Verteilung bzw. auch dann, wenn nur der Mittelwert bekannt ist. Unter dieser Voraussetzung ist es optimal, jeweils nur bei einem Ausfall des Instandhaltungsobjektes zu reparieren[124]. Sofern bestimmte Momente und Quantile der Ausfallverteilung bekannt sind, lassen sich untere und obere Schranken für die Instandhaltungszeitpunkte selbst dann ableiten, wenn der Typ der Ausfallverteilung unbekannt ist[125].

2. Bestimmungsfaktoren der für mehrere Instandhaltungsobjekte gemeinsamen Festlegung von Instandhaltungspolitiken

Im Anschluß an die Ausführungen über die Bestimmungsfaktoren der isolierten Festlegung von Instandhaltungspoli-

---

124) Vgl. so KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 272; MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 93; den Beweis führte hierzu BARLOW, Richard E.: Maintenance and replacement policies, in: Statistical Theory of Reliability, ed. by Marvin ZELEN, Madison 1964, S. 75-87, hier S. 83; vgl. hierzu und zum Problem nicht bekannter Verteilungen NEUMEISTER, Eckhard: Instandhaltungsstrategien bei unsicherer Information über die Ausfallverteilung, in: Operations Research und Datenverarbeitung, hrsg. von Karl F. BUSSMANN und Peter MERTENS, Stuttgart 1968, S. 73-82, hier S. 76.

125) Vgl. so KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 272. BARLOW, Richard E. - MARSHALL, A.: Bounds of Distribution with Monotone Hazard Rate, in: Annals of Mathematical Statistics, 35. Jg. (1964), S. 1234-1239.

tiken für einzelne Anlagengegenstände soll nun herausgearbeitet werden, welche Einflußgrößen in welcher Weise auf die Festlegung solcher Instandhaltungspolitiken einwirken, die die zwischen der Instandhaltung einzelner Anlagenelemente bestehenden Interdependenzen berücksichtigen. Vor allem sind hierbei Überlegungen darüber anzustellen, unter welchen Voraussetzungen für mehrere Anlagengegenstände gleichzeitig bzw. unmittelbar nacheinander Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden sollen.

Ein erster wichtiger Anlaß, eine opportunistische Instandhaltungspolitik in Erwägung zu ziehen, ergibt sich dann, wenn die Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen an mehreren Anlagengegenständen die gleichen Vorarbeiten erfordert und somit bei jeder dieser Instandhaltungsmaßnahmen erneut anfallen. Dies betrifft beispielsweise den An- und Abtransport des Instandhaltungspersonals, der Werkzeuge sowie sonstiger Geräte und Ersatzteile, die Durchführung von Demontage- und Montagearbeiten und sonstige "Rüstarbeiten" (z. B. das Aufstellen eines Gerüstes)[126]. Die Zeiten und Kosten für solche Vorarbeiten lassen sich durch die zeitliche Zusammenlegung der betreffenden Instandhaltungsmaßnahmen eventuell sogar bis auf das für eine einzige Maßnahme notwendige Ausmaß verringern.

Ein zweiter wichtiger Grund für eine opportunistische Instandhaltung ist darin zu sehen, daß durch die Zusammenlegung von Instandhaltungsmaßnahmen die instandhaltungsbedingten Stillstandszeiten der Anlagen reduziert

---

126) Vgl. so z. B. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 14o; KÖLBEL, Herbert - SCHULZE, Joachim: Die Generalüberholung verfahrenstechnischer Anlagen, in: Chemie-Ingenieur-Technik, 36. Jg. (1964), Heft 1, S.28-35, hier S. 28; SCHELO, S. J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 121; SCHEER, A.-W.: Instandhaltungspolitik, S. 95; ORDELHEIDE, D.: Instandhaltungsplanung, S. 64; KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 315f.; DERSELBE: Optimierung von Gruppenreparaturen, in: Proceedings in Operations Research 2, hrsg. von Herbert JACOB, Dieter B. PRESSMAR und H. TODT sowie H. J. ZIMMERMANN, Würzburg-Wien 1973, S. 279-293, hier S. 28o.

und so möglicherweise auch erhebliche (stillstandszeitabhängige) Verschleißwirkungen vermieden werden können[127].

Besonders ausgeprägt ist die Vorteilhaftigkeit der gleichzeitigen Instandhaltung mehrerer Instandhaltungsobjekte tendenziell dann, wenn beide Voraussetzungen gleichzeitig erfüllt sind. Letzteres ist am ehesten bei einer komplexen Anlage gegeben (wie insbesondere bei einer Transferstraße), die im Drei-Schicht-Betrieb eingesetzt ist und gleiche Instandhaltungsmaßnahmen möglicherweise unter Inanspruchnahme eines oder mehrerer gleicher spezifischer Produktionsfaktoren (z. B. Schweißgeräte o. ä.) bei mehreren gleichartigen Anlagegegenständen erfordert. In diesem Fall liegt somit eine extreme leistungswirtschaftliche, räumliche, instandhaltungsmaßnahmenbezogene und objektbezogene Verbundenheit der einzelnen Gegenstände der "Gruppe" vor. In Abb. 4.7 ist zusammenfassend eine "Hierarchie" unterschiedlicher Grade der Verbundenheit dargestellt, wobei diese von Stufe zu Stufe zunimmt. Hierbei erfolgt nur eine relativ grobe Differenzierung, die jedoch für Zwecke der Planung der Instandhaltungspolitik ausreichend erscheint.

Je stärker nun der Grad der Verbundenheit ausgeprägt ist, um so eher sind Überlegungen erforderlich, ob und gegebenenfalls wie man zweckmäßig von der isolierten Instandhaltung einzelner Anlagengegenstände zur gemeinsamen (gleichzeitigen) Instandhaltung mehrerer Anlagengegenstände übergehen kann. Es stellt sich somit die grundsätzliche Frage nach einer Einzel- oder Gruppeninstandhal-

---

127) Vgl. BUSSMANN, K. F. u. a.: Instandhaltungsstrategien, S. 38; KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 315 f.; SCHELO, S. J.: Integrierte Instandhaltung, S. 121, der allerdings nur auf die Verkürzung der Stillstandszeiten abstellt; MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 14o; SCHEER, August-Wilhelm: Sensitivitätsanalysen der Vorteilhaftigkeit vorbeugender Ersatzstrategien für stochastisch ausfallende komplexe Produktionssysteme, in: Proceedings in Operations Research 2, Würzburg-Wien 1973, S. 319-332; MERTENS, P.: Instandhaltungsstrategien, S. 112f.

Abb. 4.7: Überblick über wichtige Arten und Erscheinungsformen der Verbundenheit der Instandhaltung mehrerer Anlagegegenstände

	Art der Verbundenheit	Erscheinungsform der Verbundenheit	Stärke der Verbundenheit
1	- instandhaltungsmaßnahmenbezogen	Vorbereitung und Durchführung gleicher Instandhaltungsmaßnahmen an unterschiedlichen Anlagegegenständen in unterschiedlichen, nicht leistungswirtschaftlich verbundenen Anlagen an verschiedenen Standorten	
2	- instandhaltungsmaßnahmenbezogen - instandhaltungsobjektbezogen	Vorbereitung und Durchführung gleicher Instandhaltungsmaßnahmen an gleichen Anlagegegenständen in unterschiedlichen, nicht verbundenen Anlagen	
3	- räumlich - instandhaltungsmaßnahmenbezogen - instandhaltungsobjektbezogen	Vorbereitung und Durchführung gleicher Instandhaltungsmaßnahmen an räumlich verbundenen (in einer oder mehreren Anlagen) gleichen Anlagegegenständen	
4	- leistungswirtschaftlich - räumlich - instandhaltungsmaßnahmenbezogen - instandhaltungsobjektbezogen	Vorbereitung und Durchführung gleicher Instandhaltungsmaßnahmen an räumlich und leistungswirtschaftlich eng verbundenen gleichen Anlagegegenständen	

tung. Dieses Wahlproblem kann allerdings in unterschiedlichen Erscheinungsformen auftreten. Wiederum ansetzend bei der bereits geschilderten stärksten Form der Verbundenheit ist beispielsweise darüber zu entscheiden, ob jeweils ein Anlagegegenstand (z. B. bei seinem Ausfall) allein repariert werden soll oder ob zu diesem Anlaß die gesamte Fertigungsstraße (vorbeugend) instandgehalten werden soll[128]. Häufiger stellt sich das Wahlproblem in der Form, ob ein Anlagenteil allein repariert oder damit gleichzeitg eine "Generalüberholung" der Anlage[129]

128) Dieses in extremer Form dargestellte Wahlproblem tritt so allerdings nur höchst selten auf. Realistischer ist demgegenüber die Frage, ob die gesamte Transferstraße während der Reparatur eines oder mehrerer Aggregate inspiziert werden soll oder ob eine Reihe gleichartiger Anlagegegenstände jeweils als Gruppe allein oder die gesamte Fertigungsstraße instandzuhalten ist. Allerdings ist auch festzustellen, daß in der Praxis z. B. in Raffinerien vielfach ganze Betriebe regelmäßig für einen längeren Zeitraum zum Zweck der Instandhaltung stillgelegt werden.

129) Dieses Problem wird in der Literatur vielfach auch als Wahl zwischen "Minimalreparatur" und Generalüberholung bezeichnet. Vgl. z. B. SPICKENHEUER, W.:

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

vorgenommen werden soll bzw. ob ein Anlagenteil allein oder damit gemeinsam eine Gruppe gleicher Anlagegegenstände einer oder mehrerer Anlagen instandzuhalten ist.

Im Grunde ist dieses Wahlproblem bereits bei der Bestimmung des Objektumfangs spezifischer Instandhaltungsobjekte zu lösen, da bei Wahl einer verhältnismäßig komplexen Einheit die individuelle Instandhaltungspolitik für dieses Objekt bereits als Politik für eine Gruppe von Anlagegegenständen anzusehen ist. Streng genommen muß somit schon die Festlegung der Instandhaltungsobjekte mit der Planung der Instandhaltungspolitik für eine Gruppe von Anlagegegenständen theoretisch simultan erfolgen[13o)]. Zumindest bei Anlagen, die aus einer Vielzahl von Teilen bestehen, bereitet eine solche simultane Planung jedoch unüberwindbare Schwierigkeiten, so daß im folgenden die Instandhaltungsobjekte, für die eine "Einzelinstandhaltung" in Frage kommt, bereits als feststehend angenommen werden. Selbst bei dieser Einschränkung wird es sich zeigen, daß eine Reihe erheblicher Probleme die (insbesondere langfristige) Planung opportunistischer Instandhaltungspolitiken erschwert oder sogar unmöglich macht.

Am wenigsten weicht die für mehrere verschiedenartige Instandhaltungsobjekte gemeinsam festzulegende Instandhaltungspolitik von den isoliert aufgestellten Politiken dann ab, wenn deren Zyklen zeitlich so aufeinanderfolgen, daß sich eine Schachtelung fast unmittelbar anbietet, wie dies beispielsweise von LANGE [131)] für mechanische Anlagen angenommen wird (vgl. hierzu Abb. 4.8 a-c). Ohne

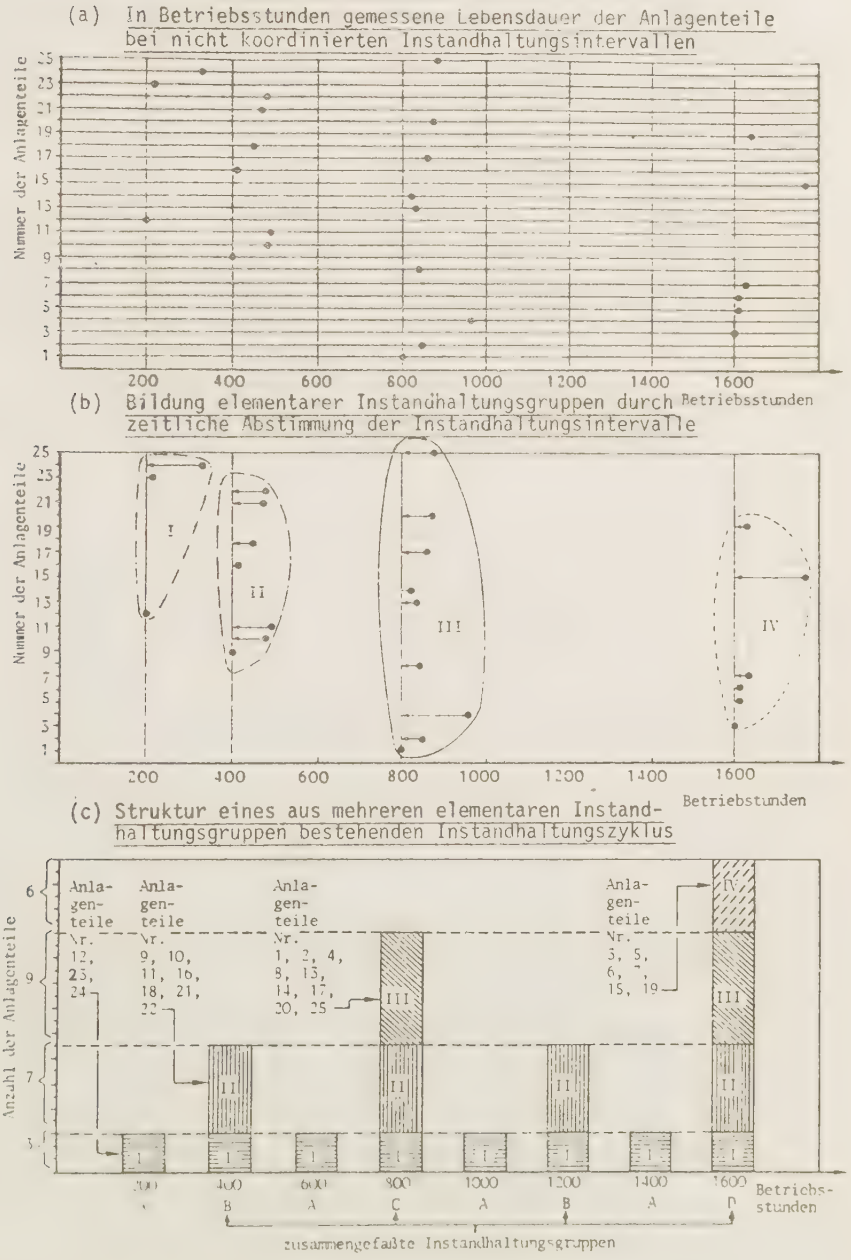
---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite
Optimale vorbeugende Instandhaltung, S. 38; KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 323-326, der dazu eine Reihe zwischen diesen Extremformen liegender Möglichkeiten (S. 317-319) in Anlehnung an LANGE, Herbert: Die planmäßig vorbeugenden Reparaturen in Industriebetrieben, Berlin 1956, S. 22-26, beschreibt.

13o) Dies betont auch KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 316.

131) Vgl. LANGE, H.: System der planmäßigen Instandhaltung, S. 223f.. Vgl. ähnlich UHLMANN, W.: Die planmäßige Instandhaltung automatischer Maschinenfließreihen, S. 11o.

Abb. 4.8: Schematische Darstellung der Planung von Gruppenreparaturen nach dem "Prinzip der Teilbarkeit"



ausführlich auf diese Möglichkeit der Gruppenbildung und deren kritische Würdigung einzugehen[132], sei an dieser Stelle nur bemerkt, daß die Verschiebung einzelner Termine (Vgl. Abb. 4.8 b) Wirtschaftlichkeitsrechnungen erfordert[133] und daß eine solche günstige zufällige Staffelung in der Praxis im Regelfall nicht anzutreffen sein wird[134].

Eine sehr einfache Möglichkeit, die isoliert ermittelten Zyklen verschiedenartiger Instandhaltungsobjekte aufeinander abzustimmen, besteht darin, einen (oder mehrere) Zyklen einmalig so zu verschieben, daß zu bestimmten, immer in gleichen Abständen[135] wiederkehrenden Zeitpunkten gleichzeitig eine Reparatur für mehrere bzw. alle Elemente der Gruppe erforderlich wird (vgl. Abb. 4.9)[136].

Sofern nicht von einer so günstigen Länge der (geplanten) Instandhaltungsintervalle einzelner Anlagegegenstände ausgegangen werden kann, müssen die einzelnen Instandhaltungszyklen durch eine Veränderung der Intervallänge einander angepaßt werden. Eine Wirtschaftlichkeitsrechnung muß dabei darüber Aufschluß geben, ob die Einsparungen an Rüstkosten und Verschleißwirkungen die Mehrkosten bei einem Abweichen von den isoliert geplanten Intervallängen überwiegen[137]. Auf eine Darstellung der Abstimmung kann hier

---

132) Vgl. hierzu ausführlich MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 141-144; KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 317-323.

133) So ist z. B. bei Teilen, deren Verschleiß zu allmählich zunehmenden Verschleißwirkungen führt, entgegen der in der Abbildung zum Ausdruck kommenden Vorgehensweise auch ein Aufschub der Reparatur bis zu einem nächsten Gruppenreparaturtermin möglich.

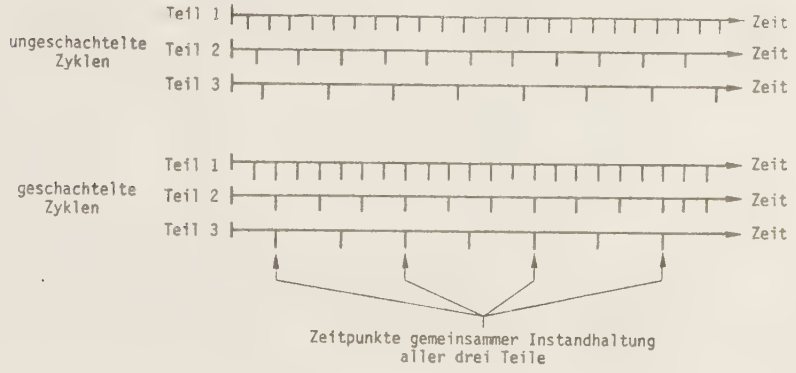
134) Vgl. dazu REDEKER, G.: Technische und betriebswirtschaftliche Grundlagen, S. 5, der in empirischen Untersuchungen zu dem Ergebnis kommt, daß eine solche Staffelung in der Regel nicht existiert.

135) Die Abstände errechnen sich als das kleinste gemeinsame Vielfache der Länge der isolierten Intervalle.

136) Die Abbildung ist erstellt in Anlehnung an MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 148.

137) Vgl. ebenda, S. 148f.

Abb. 4.9: Die einfache Schachtelung der (isoliert festgelegten) Instandhaltungszyklen mehrerer Instandhaltungsobjekte



verzichtet werden[138]. Hingewiesen sei jedoch darauf, daß diese bereits erhebliche (rechentechnische) Probleme aufwirft, wenn sich die betrachtete "Gruppe" aus drei oder mehr Einheiten zusammensetzt.

Geht man bei den Überlegungen über Anwendungsmöglichkeiten opportunistischer Instandhaltungspolitiken nicht von gegebenen isolierten Politiken aus, sondern versucht, einzelne oder alle Elemente einer Anlage gemeinsam zu betrachten und gewissermaßen gleichzeitig für diese eine Instandhaltungspolitik festzulegen, muß man sich an dem Verschleißprozeß bzw. dem Ausfallverhalten der einzelnen Elemente orientieren[139]. Sehr günstige Voraussetzungen

---

138) Vgl. zur Abstimmung der Intervallängen für Instandhaltungsobjekte mit allmählich zunehmenden Verschleißwirkungen MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 148-152 und für Objekte mit sprunghaft zunehmenden Verschleißwirkungen KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 328-335.

139) Eine Beobachtung des Ausfallverhaltens der Gesamtanlage reicht hierzu nicht aus, weil dieses - auch bei unterschiedlichen Ausfallverteilungen der einzelnen Elemente sehr schnell gegen eine Exponentialverteilung mit konstanter Ausfallrate strebt; vgl. so DRENICK, R. F.: The failure law of complex equipment, in: Journal of Industrial and Applied Mathematics, Vol. 8 (1960), No. 4, S. 680-690.

für eine solche gemeinsame Festlegung der Zeitpunkte jeweils gleichzeitig an mehreren Anlagegegenständen durchzuführender Reparaturen (bzw. Inspektionen oder verschleißhemmender Maßnahmen) liegen dann vor, wenn die Elemente gleichartig sind. Als gleichartig werden dabei solche Instandhaltungsobjekte gleichen Typs angesehen, die die gleiche Widerstandsfähigkeit besitzen und der gleichen Belastung ausgesetzt sind[140]. Diese Voraussetzungen sind Ausdruck dessen, daß außer der (den) gleichen Verschleißursache(n) auch ein gleicher Verschleißprozeß bzw. eine gleiche Ausfallverteilung sowie die gleiche Entwicklung der Verschleißwirkungen angenommen werden.

Sofern man in dieser Situation davon ausgehen kann, daß die Verschleißwirkungen allmählich zunehmen und die eingangs bei der Darstellung einfacher (isolierter) Instandhaltungspolitiken getroffenen Annahmen (unbegrenzte Verwendungsdauer, gegebene Verschleißhemmungsstrategie, konstante Kosten der einzelnen Instandhaltungsmaßnahme) Gültigkeit besitzen, bietet es sich an, diese Gruppe von gleichartigen Anlagegegenständen jeweils gleichzeitig in festen Intervallen (der Kalender- oder Betriebszeit) zu reparieren[141], sofern die betreffenden Informationen bekannt sind[142]. Unter diesen Voraussetzungen ist somit die grundsätzliche Art der Instandhaltungspolitik dieselbe wie sie für die einzelnen Anlagegegenstände isoliert angewendet würde. Für die "Gruppenreparatur" ist allerdings ein vergleichsweise kürzerer Zyklus optimal als er für die Einzelreparatur der Teile dieser Gruppe festzulegen wäre. Dies ergibt sich schon daraus, daß die Einzelkosten der Reparatur eines Objektes wegen der nur der Gruppe insgesamt zurechenbaren Rüstkosten[143] in die-

---

140) Vgl. so auch MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 144 sowie ähnlich KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 319.

141) Vgl. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 145.

142) Es wird hier darauf verzichtet, die verschiedenen Möglichkeiten in Abhängigkeit von der Art und Sicherheit der bekannten Informationen zu schildern.

143) Ein Beispiel wäre etwa die Miete eines Kranwagens für die gleichzeitige Reparatur mehrerer Instandhaltungsobjekte.

sem Fall niedriger sind. Der Reparaturzyklus ist dabei umso kürzer, je höher die Zahl der zur Gruppe gehörenden Instandhaltungsobjekte ist, weil dann die Rüstkosten und Opportunitätskosten für eine ansonsten wachsende Zahl von Reparaturen nur einmal in Kauf genommen werden müssen. Mit steigenden Rüstkosten vergrößert sich infolgedessen c. p. das Reparaturintervall[144].

Führt der Verschleiß der einzelnen gleichartigen Anlagegegenstände zu sprunghaft zunehmenden Verschleißwirkungen (im Extremfall zum Ausfall) der Anlage, so ist darüber zu entscheiden, ob Reparaturen (bzw. Inspektionen oder auch verschleißhemmende Maßnahmen) generell nur gruppenweise so früh durchgeführt werden sollen, daß eine - aufgrund eines Ausfall notwendig werdende - ungeplante Instandhaltung nicht in Frage kommt oder ob das Intervall so groß gewählt wird, daß außer der geplanten Instandhaltung der Gruppe auch zwischenzeitliche (ausfallbedingte) Einzelreparaturen durchzuführen sind[145] [146].

Entschließt man sich zu letzterer Reparaturstrategie, so erhält man für die durchschnittlichen Gesamtkosten je Zeiteinheit des Gruppenreparaturintervalls:

$$k_G(t_G) = \frac{R_R + N \cdot R_e + (R_R + R_e + R_s) \cdot N \cdot H(t_G)}{t_G} \quad [147] \qquad (4.4)$$

---

144) Vgl. auch MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 146, Abb. 11.

145) Vgl. zu diesem (letzteren) Problem, das bereits behandelt wurde von CHURCHMAN, C. West - ACKHOFF, Russel L. - ARNOFF, E. Leonhard: Operations Research, Deutsche Übersetzung, Wien und München 1961, S. 448-469 und in der Literatur vielfach aufgegriffen wurde - so z. B. von MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 153-158; SCHEER, A.-W.: Instandhaltungspolitik, S. 98f.; KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 326-328.

146) Diese Überlegungen sind auch für den Fall anzustellen, daß über die Instandhaltungspolitik mehrerer gleicher Instandhaltungsobjekte mehrerer (verschiedener) Anlagen Entscheidungen zu treffen sind.

147) Vgl. zum Begriff der Erneuerungsfunktion ($H(t_G)$), die sich allerdings nur in Ausnahmefällen exakt bestimmen läßt, KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, Anhang B., S. 411-414.

Symbolik:

$k_G(t_G)$: durchschnittliche Gesamtkosten je Zeiteinheit des Gruppenreparaturintervalls in Abhängigkeit von der Länge des Gruppenreparaturzyklus'

R_R : Rüstkosten (sowohl einer zwischenzeitlichen Einzelreparatur als auch einer Gruppenreparatur)

R_e : Einzelkosten der Reparatur eines Anlagegegenstandes

R_s : Ausfallschaden

N : Anzahl der Anlagenteile, die eine Reparaturgruppe bilden

t_G : Länge des Gruppeninstandhaltungsintervalls

$H(t_G)$: Erneuerungsfunktion

$h(t_G)$: Erneuerungsdichte

Die Minimierung des Ausdrucks in (4.4) erfordert als notwendige Bedingung, daß die 1. Ableitung[148]:

$$\frac{dk_G(t_G)}{dt_G} = \frac{R_z \cdot N \cdot H'(t_G) \cdot t_G - \left[R_G + R_z \cdot N \cdot H(t_G)\right]}{t_G^2}$$

- worin $R_R + N \cdot R_e$ zu R_G und $R_R + R_e + R_s$ zu R_z zusammengefaßt wurden - Null wird.

Daraus ergibt sich dann:

$$R_G = N \cdot R_z \cdot \left[h(t_G^*) \cdot t_G^* - H(t_G^*)\right] \qquad (4.5)$$

und in die Zielfunktion (4.4) eingesetzt, erhält man:

$$k_G(t_G^*) = \frac{N \cdot R_z \left[h(t_G^*) \cdot t_G^* - H(t_G^*)\right] + N \cdot R_z \cdot H(t_G^*)}{t_G^*}$$

und somit:

$$k_G(t_G^*) = N \cdot R_z \cdot h(t_G^*). \qquad (4.6)$$

---

148) Die Darstellungsweise ist angelehnt an KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 326f.

Auch hier wird das optimale Gruppenreparaturintervall umso kürzer, je mehr Anlagegegenstände in der Gruppe enthalten sind[149].

Unter den bisher getroffenen Voraussetzungen stimmt somit die Instandhaltungspolitik für eine Gruppe gleicher Anlagegegenstände prinzipiell mit der für die einzelnen Elemente isoliert aufzustellenden - bis auf die für alle Elemente gleichermaßen gültige Veränderung der zeitlichen Struktur - überein.

In der Praxis wird man nun allerdings häufig davon ausgehen müssen, daß die Voraussetzung der hier angenommenen weitgehenden Identität der Instandhaltungsobjekte nicht gegeben ist. Vielmehr werden die Lebensdauern der einzelnen Elemente in der Regel nicht unerhebliche Streuungen aufweisen. Hielte man dennoch an einer gruppenweisen Instandhaltung in festen Intervallen fest, würde dies dazu führen, daß entweder die Kapazität der Anlagegegenstände nicht genügend ausgenutzt und damit zu häufig instandgehalten würde oder die Verschleißwirkungen über das beabsichtigte Maß hinausgingen. Hinzu kommt, daß auch abzuwägen ist, ob nicht bei einem Ausfall eines Elementes kurz vor einem geplanten Gruppenreparaturtermin dieser vorverlegt werden sollte, um so ansonsten doppelt anfallende Rüstkosten nur einmal in Kauf nehmen zu müssen. Schließlich kann es in dem Fall, daß bis zu der geplanten Gruppenreparatur noch kein Element ausgefallen ist, wirtschaftlich sein, diese noch etwas hinauszuzögern[150].

---

149) Dies läßt sich einfach aus (4.5) ableiten. Vgl. hierzu ausführlicher auch MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 156-158 und die dort angegebene Literatur.

150) Vgl. so auch MÄNNEL (W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 158f.) für den Fall, daß die Instandhaltungsobjekte sprunghaft zunehmenden Verschleißwirkungen unterliegen. Bei Objekten, deren Ausfall allmählich zunehmende Verschleißwirkungen der Anlage hervorruft (so etwa, wenn nur eine oder wenige von hundert Schaufeln eines Dampfturbinenrades ausfallen; dieses Beispiel nennt KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 69), kann es wirtschaftlich sein, mit der Reparatur bis zum nächsten geplanten Gruppenreparaturtermin zu warten.

Eine solche, für mehrere verschiedenartige Instandhaltungsobjekte (einer Anlage) gemeinsame Politikfestlegung, ist bisher jedoch nur in relativ wenigen Fällen gelungen, obwohl gerade auch dieses Problem praktische Bedeutung erlangt.

Besteht eine Anlage aus einem Teil mit steigender und sonst nur aus Elementen mit konstanter Ausfallrate, ist eine geplante (vorbeugende) Instandhaltungspolitik nur für den Anlagegegenstand mit steigender Ausfallrate sinnvoll. Dennoch läßt sich eine für mehrere bzw. alle Teile der Anlage gemeinsame Politik dadurch entwickeln, daß man Überlegungen anstellt, ob nicht beim Versagen eines rein zufällig ausfallenden Teils eine geplante vorbeugende Reparatur des Teils mit steigender Ausfallrate, die für einen bestimmten (vergleichsweise kurzen) Zeitraum nach diesem Ausfall ohnehin vorgesehen ist, vorgezogen werden soll, um so Rüstkosten einzusparen[151]. Es ist somit eine Grenze festzulegen, die darüber Auskunft gibt, ab welchem Zeitraum vor einer ohnehin geplanten Instandhaltungsmaßnahme das Teil mit steigender Ausfallrate bei Ausfall eines anderen Teiles vorgezogen instandgehalten werden soll. Will man unter diesen Voraussetzungen eine langfristige Instandhaltungs(termin-)planung durchführen, fällt dies schon deshalb relativ schwer, weil jede geplant (vorbeugend) durchzuführende Instandhaltungsmaßnahme nur mit einer dann noch zu ermittelnden Wahrscheinlichkeit zum Plantermin bzw. nach Ablauf des geplanten Intervalls zur Ausführung kommt. Versucht man dann noch, das vorbeugende Instandhaltungsintervall gemeinsam mit der Zeitgrenze für das Vorziehen so zu bestimmen, daß die zu erwartenden durchschnittlichen Kosten je Zeiteinheit des zu erwartenden Intervalls minimiert werden, führt dies zu sehr hohem Rechenaufwand[152].

---

151) Vgl. hierzu SCHEER, A.-W.: Instandhaltungspolitik, S. 99f., der dabei Bezug nimmt auf bereits relativ früh entwickelte Ansätze von JORGENSON, Dale W. - Mc CALL, John J. - RADNER, Roy: Optimal Replacement Policy, Amsterdam 1967, S. 8off. und RADNER, R. - JORGENSON, D. W.: Opportunistic replacement, S. 7o-84.

152) Vgl. RINNE, H.: Instandhaltungsstrategien, S. 123-127.

Häufiger noch als dieses Problem wird - sofern man auf die Ausfallverteilungen der einzelnen Anlagegegenstände abstellt - der Planung der Instandhaltungspolitik eine Konstellation zugrundeliegen, die dadurch gekennzeichnet ist, daß mehrere Anlagenelemente eine steigende Ausfallrate bei unterschiedlichen Parametern oder sogar Typen der Ausfallverteilungen aufweisen. Sofern man unter diesen Bedingungen auf Informationen über den Verschleißprozeß zurückgreifen kann, besteht grundsätzlich die Möglichkeit, eine langfristige, für mehrere Teile gemeinsame Instandhaltungspolitik zu entwickeln. Insbesondere dann, wenn die einzelnen Anlagenelemente nicht unabhängig voneinander sind, muß man die Planung der Instandhaltungspolitik für die Teile gemeinsam in Abhängigkeit vom Zustand der Gesamtanlage vornehmen[153]. Dieser läßt sich - sofern die Zustandsentwicklung eines Teils als Markov-Prozeß[154] darstellbar ist - als Kombination aus den Zuständen der Einzelteile ableiten. Sofern der Zustand eines Teils definiert wird als die Zahl der Zeiteinheiten seit der letzten (geplanten) Reparatur und die Teile eine bestimmte maximale Lebensdauer haben (bei deren Erreichen mit Sicherheit ein Ausfall eintritt), so ist die Zahl der Zustände jedes Teils begrenzt. Die Gesamtzahl der möglichen Zustände der Anlage ergibt sich dann aus der Zahl möglicher Kombinationen der Einzelzustände und ist somit ebenfalls beschränkt[155]. Kennt man die Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen den einzelnen Zuständen, so lassen sich optimale vorbeugende Instandhaltungszeitpunkte mittels einer Simulation[156] oder ana-

---

153) Vgl. SCHEER, A.-W.: Instandhaltungspolitik, S. 1oof.. Vgl. auch BEICHELT (Frank: Optimale Instandhaltung, S. 49-59), der diese als parameterabhängige Strategien bezeichnet.

154) Vgl. zur Definition von Markov-Prozessen z. B. KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 383f. sowie zur Erläuterung S. 384-422 und S. 91-131.

155) Bei zwei Teilen mit den Maximallebensdauern $\bar{t}_1$ und $\bar{t}_2$ ergeben sich somit für die Anlage $\bar{t}_1 x \bar{t}_2$ mögliche Kombinationen.

156) Für eine Anlage mit zwei Teilen leitet SCHEER (A.-W.: Instandhaltungspolitik, S. 1o1-1o8) mittels der Simulation für ein praktisches Beispiel den optimalen gemeinsamen Instandhaltungszyklus (bei isolierter Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

lytisch[157] ermitteln.

Allerdings werden diese Modelle mit steigender Anzahl der Elemente der Gruppe und zunehmender "Feinheit" der unterschiedenen Zustände äußerst kompliziert und erfordern einen enormen, relativ rasch wirtschaftlich nicht mehr vertretbaren Rechenaufwand[158]. Sie eignen sich daher nur für relativ "kleine" Anlagen mit einer vergleichsweise stark begrenzten Anzahl von Instandhaltungsobjekten.

Bisher wurden vornehmlich solche Anlagen betrachtet, die bei Ausfall eines Elementes ebenfalls völlig versagen, also für Anlagen, die sprunghaft zunehmende Verschleißwirkungen aufweisen. Demgegenüber nehmen für Anlagen, die mit zunehmendem Verschleiß ihrer Elemente und deren Ausfall nur allmählich zunehmende Verschleißwirkungen zeigen, die Planungsprobleme noch erheblich zu. Eine langfristige Planung ist in diesem Fall nur unter sehr vereinfachenden Prämissen möglich (z. B. wenn die Entwicklung der Verschleißwirkungen in Abhängigkeit von dem bekannten Verschleißprozeß der Anlagenelemente sicher bekannt ist). Die Problematik ergibt sich aus einer Vielzahl von Gründen, von denen einige wichtige hier kurz aufgeführt seien[159]. Zum einen ist festzulegen, bei

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
Planung ergäbe sich eine Abweichung zwischen den Zyklen) ab und kommt zu dem Ergebnis, daß - je mehr Zeit (und damit Opportunitätskosten) durch die gleichzeitige Reparatur der Teile eingespart werden kann - eine gleichzeitige Reparatur sowohl bei Ausfall eines Teils als auch dann, wenn beide vorbeugend repariert werden - in zunehmend früheren Einsatzaltern beider Teile durchgeführt werden.

157) Vgl. KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 343-345.

158) Vgl. KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 339.

159) Vgl. hierzu KÜPPER (W.: Planung der Instandhaltung, S. 345-352), der in Anlehnung an BROWN (D. B.) und MARTZ (Jr., H. F.: A Two-Phase Algorithm for the Maintenance of a Detoriating Component System, in: Industrial Engineering Research and Development, Vol. 2 (1970), No. 2, S. 106ff.) die Möglichkeit der Planung einer opportunistischen Instandhaltungspolitik für Elemente einer Anlage (deren Verschleißwirkungen allmählich zunehmen) durch ein Modell mit Kontrollen des Kosten- und Leistungsniveaus untersucht.

welchem Zustand (Kosten- oder Leistungsniveau) der Gesamtanlage eine Instandhaltung der Anlagenelemente durchzuführen ist. Dann muß der Zustand der Anlage überwacht werden, was allerdings in der Regel noch relativ leicht bzw. ohne nennenswerten zusätzlichen Aufwand gelingt. Problematisch ist jedoch die langfristige Prognose der Art und Anzahl der Teile, die gleichzeitig zu reparieren sind, weil ein bestimmter Zustand der Anlage durch eine Reihe von Kombinationen aus den Teilezuständen herbeigeführt werden kann. Außerdem ist darüber zu entscheiden, ob nur die ausgefallenen Teile oder auch einige noch nicht ausgefallene, aber bereits in höherem Verschleißstadium befindliche Teile mit repariert werden sollen. Aus diesen Gründen ist in der Praxis eine langfristige Festlegung der Instandhaltungspolitik kaum möglich. Stattdessen bietet es sich dann an - wie auch für die geschilderten anderen Fälle, wenn die Lebensdauern der Elemente bzw. die Entwicklung des Verschleißes stark streuen - nur von Fall zu Fall, also kurzfristig eine Gruppenreparatur in Erwägung zu ziehen[16o)].

Die vorstehende Diskussion zeigte bereits einige Grenzen der Festlegung einer (langfristigen) opportunistischen Instandhaltungspolitik sehr deutlich. Die Möglichkeiten hierzu werden desweiteren durch die in der Regel nur begrenzt verfügbaren informatorischen Grundlagen und erschwerende Verschleißbedingungen eingeschränkt. Diese äußern sich beispielsweise in relativ großen Streuungen des Verlaufs bzw. der Geschwindigkeit des Fortschritts des Verschleißes[161)]. Die Unsicherheit nimmt dabei in Abhängigkeit von der Zahl der Elemente, die zu einer Anlage bzw. einer Gruppe gehören, sowie von der Zahl der unterschiedenen Zustände der Elemente und damit der Gruppe zu[162)].

16o) Vgl. hierzu auch MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 158-163 und 164f. sowie S. 167f.
161) Vgl. ebenda, S. 17o.
162) Vgl. KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 352.

Auf der anderen Seite wächst die Flexibilität einer Instandhaltungspolitik gerade mit der Zahl und der Feinheit der Unterteilung der Zustände der "Gruppenmitglieder"[163].

B Periodenbezogene, auf den gesamten Anlagenpark abstellende Planung des Instandhaltungsprogramms

Aufgabe der periodenbezogenen Planung des Instandhaltungsprogramms ist es, Art und Anzahl der in der Planperiode für alle Instandhaltungsobjekte auszuführenden Instandhaltungsleistungen auf der Basis der geplanten Instandhaltungspolitiken festzulegen. In Abhängigkeit von der Wahl der jeweiligen Instandhaltungspolitiken ergeben sich dabei Unterschiede für die Programmplanung, die im folgenden für einige wichtige Instandhaltungspolitiken herausgearbeitet werden sollen.

I. Der Einfluß unterschiedlicher Instandhaltungspolitiken auf die Planung des periodenbezogenen Instandhaltungsprogramms

(1) Eine streng kalenderzeitperiodische Instandhaltungspolitik bietet für die Ermittlung von Art und Anzahl der für die betreffenden Instandhaltungsobjekte in der Planperiode auszuführenden Instandhaltungsleistungen die günstigste Voraussetzung. Dies liegt darin begründet, daß

---

163) "Durch eine Vergrößerung des Teilsystems nimmt die Anzahl potentieller Gruppenreparaturen und damit die Ausnutzung von Kostendegressionen durch das Zusammenlegen von Reparatur- und Inspektionsaufträgen zu. Eine größere Flexibilität der Strategie führt dagegen zu einer besseren Ausnutzung des Anlagenpotentials und damit zu geringeren Ersatzteilkosten und Einzelkosten der Reparatureinheiten." So KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 354. Den in dieser Meinung zum Ausdruck kommenden Gegensatz sieht der Verfasser nicht in dieser Strenge.

Art und Anzahl der geplant zur Ausführung kommenden Leistungen auch für vergleichsweise lange Planperioden schon zu deren Beginn vollständig und mit Sicherheit bekannt sind. Denn in diesem Fall werden in konstanten (kalenderzeitbezogenen) Abständen unabhängig von zwischenzeitlich ausfallschadensbedingt notwendig werdenden Leistungen Verschleißhemmungs- und Verschleißbeseitigungsmaßnahmen durchgeführt, wie dies in Abb. 4.1o dargestellt ist[164].

Geplante Inspektionen treten somit bei Anwendung dieser Instandhaltungspolitik nicht auf; zu ihrer Realisierung ist allein die (Kalender-)Zeit seit der jeweils letzten geplant durchgeführten Leistung zu überwachen. Die Anzahl der geplanten Verschleißhemmungs- und Verschleißbeseitigungsmaßnahmen ergibt sich durch Division der Länge des Planungszeitraumes durch die Länge des Intervalls zwischen zwei geplanten Maßnahmen[165].

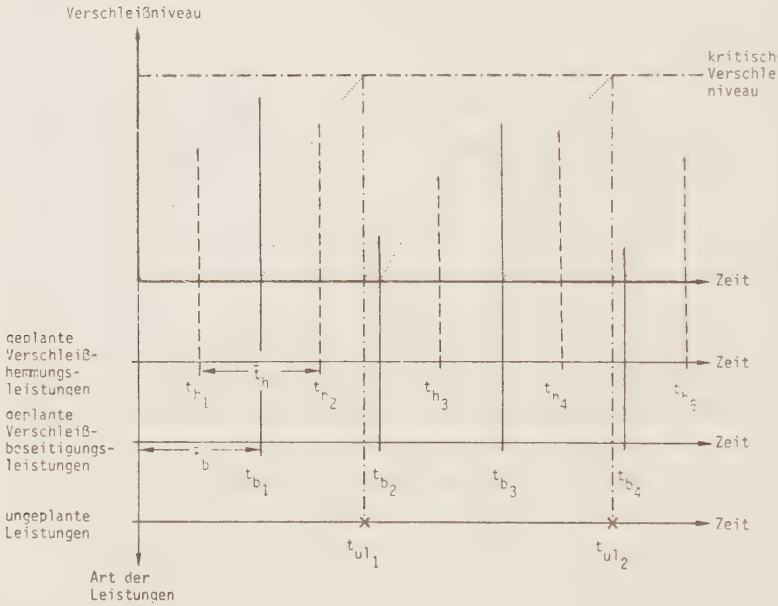
Demgegenüber wirft die Planung der Leistungen, die innerhalb eines geplanten Intervalls ausfallschadensbedingt notwendig werden, erhebliche Probleme auf. Dies bezieht sich sowohl auf die Art der Leistungen als auch deren Zahl. So ist im Hinblick auf die Maßnahmenart vielfach nicht im vorhinein festlegbar, ob eine Inspektion des betreffenden Instandhaltungsobjektes erforderlich ist. Wenn eine Aussage hierüber nicht möglich ist, läßt sich auch die konkrete Art der verschleißbeseitigenden Maßnahmen nicht planen. Diese Schwierigkeiten lassen sich

---

164) In der Abb. 4.1o sowie in den folgenden Abb. 4.11 und 4.12 a-c wird ein allmählich zunehmender Verschleiß angenommen. Grundsätzlich lassen sich die Abbildungen jedoch auch für einen sprunghaft ansteigenden Verschleiß in prinzipiell gleicher Weise erstellen.

165) Allerdings muß für die exakte Ermittlung der Zahl der geplanten Leistungen der Zeitpunkt der zuletzt vor Beginn der Planperiode geplant durchgeführten Leistung berücksichtigt werden. In Abhängigkeit von dessen Lage kann die Zahl der in der Planperiode auszuführenden (geplanten) Leistungen nämlich um eins nach oben oder unten von dem Wert, der sich bei der angegebenen Ermittlungsvorschrift ergibt, abweichen.

Abb. 4.1o: Schematische Darstellung einer streng kalenderzeitperiodischen Instandhaltungspolitik



Symbole:

· : Verschleißentwicklung

$\bar{t}_h$: konstantes geplantes Verschleißhemmungsintervall

t_{h_j} : Zeitpunkte der Ausführung geplanter Verschleißhemmungsleistungen

$\bar{t}_b$: konstantes geplantes Verschleißbeseitigungsintervall

t_{b_j} : Zeitpunkte der Ausführung geplanter Verschleißbeseitigungsleistungen

t_{ul_j} : Zeitpunkte der Ausführung ungeplanter Instandhaltungsleistungen

allerdings oft reduzieren, wenn als Instandhaltungsobjekte - bereits im Rahmen der Verschleißanalyse und der Wahl der Instandhaltungspolitik - möglichst wenig komplexe Teile einer Anlage gewählt werden. Je weniger sich die Instandhaltungsobjekte aus mehreren Teilen zusammensetzen, umso eher kann man die Art der verschleißbeseitigenden Maßnahme für den Fall eines Ausfalls des betreffenden Anlagegegenstandes im voraus bestimmen. Dabei darf man jedoch nicht übersehen, daß es vielfach schwierig sein wird, bei einem Rückgang oder bei einem

vollständigen Verlust der Funktionsfähigkeit einer Anlage unmittelbar zu erkennen, durch welches Teil der Anlage dies verursacht wurde. Andererseits kann man jedoch nicht selten von der Art der Funktionsminderung direkt auf das betroffene Instandhaltungsobjekt schliessen. Schließlich besteht grundsätzlich die Möglichkeit, zumindest für häufiger auftretende Verschleißerscheinungen an den einzelnen (insbesondere an wichtigen) Instandhaltungsobjekten Verschleißbeseitigungspläne im voraus zu erstellen.

Über die Zahl der (bezüglich des Zeitpunktes) ungeplant notwendig werdenden Instandhaltungsleistungen lassen sich höchstens Erwartungswerte ableiten, wie etwa dann, wenn die Ausfallverteilung des Instandhaltungsobjektes oder die Streuung seines Verschleißverlaufs (zumindest annähernd) bekannt sind[166]. Hieraus lassen sich dann auch Aussagen über die Erwartungswerte eines Ausfalls zu alternativen Zeitpunkten innerhalb des geplanten Intervalls ermitteln. Dies ist deshalb von Bedeutung, weil man dann Wirtschaftlichkeitsrechnungen darüber aufstellen kann, ob die Verschleißbeseitigung eines zwischenzeitlich ausgefallenen Instandhaltungsobjekts nicht bis zum nächsten geplanten Termin verzögert werden soll bzw. ab welchem Zeitpunkt des Ausfalls dies zweckmässig ist. Hierzu sind die dadurch eingesparten Instandhaltungskosten den von der Dauer der Verzögerung abhängigen Verschleißwirkungen gegenüberzustellen[167].

Auch wenn die Zahl der ungeplant durchzuführenden Leistungen dann für ein einzelnes Instandhaltungsobjekt vergleichsweise unsicher ist, wird sich die Prognose, bezogen auf alle Instandhaltungsobjekte, die streng kalenderzeitperiodisch instandgehalten werden, stabilisieren.

---

166) Wenn dies nicht bekannt wäre, könnte auch keine kalenderzeitperiodische Instandhaltungspolitik gewählt werden.

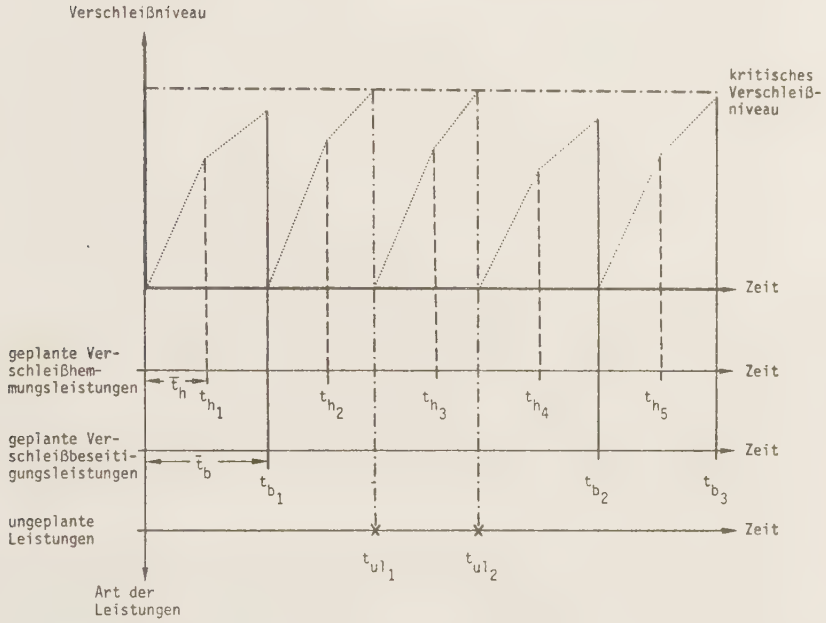
167) Vgl. hierzu auch KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 279-283.

(2) Für die Instandhaltungsobjekte, für die eine altersabhängig kalenderzeitperiodische Instandhaltungspolitik (vgl. hierzu Abb. 4.11) festgelegt ist, gelten bezüglich der Planung der Art der Leistungen grundsätzlich die gleichen Aussagen wie im Fall der streng kalenderzeitperiodischen Instandhaltungspolitik.

Die Ermittlung der Zahl der in der Planperiode geplant auszuführenden Leistungen wird demgegenüber bereits erheblich problematischer. Dies liegt vor allem daran, daß bei dieser Politik eine geplante Instandhaltungsleistung im gleichen Abstand zur jeweils letzten - geplanten oder ungeplanten - Maßnahme durchzuführen ist. Damit bleibt das Intervall zwischen zwei geplanten Leistungen nicht mehr generell konstant, sondern variiert mit Anzahl und zeitlicher Lage zwischenzeitlich ausfallschadensbedingt notwendig werdender Instandhaltungsmaßnahmen. In Abb. 4.11 wird dies besonders deutlich für die geplanten Verschleißbeseitigungsleistungen. Sofern Verschleißhemmungsmaßnahmen - wie dies in Abb. 4.11 angenommen ist - immer im gleichen Abstand nach einer Verschleißbeseitigung vorzunehmen sind, wird bei dieser Instandhaltungspolitik auch das Intervall zwischen zwei geplanten Verschleißhemmungsmaßnahmen von (zumindest bezüglich des Zeitpunktes) ungeplanten Verschleißbeseitigungsleistungen beeinflußt. Die Zahl der geplant auszuführenden Instandhaltungsleistungen ist somit eine Zufallsvariable, die von der Streuung der Geschwindigkeit des Verschleißfortschritts bzw. von der Ausfallverteilung abhängt[168]. Wenngleich somit - anders als bei der streng periodischen Politik - keine einwertige Aussage über die Anzahl der geplanten Instandhaltungsleistungen möglich ist, läßt sich doch eine Untergrenze für die Gesamtzahl der Maßnahmen im Planungszeitraum aus einer einfachen Überlegung ableiten. Da der maximale Abstand zwischen zwei Maßnahmen nicht größer als das geplante Intervall werden kann, ergibt sich als Mindestzahl der in der Planperiode insgesamt

168) Vgl. so auch KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 248.

Abb. 4.11: Schematische Darstellung einer altersabhängig kalenderzeitperiodischen Instandhaltungspolitik



Symbole:

.....: Verschleißentwicklung

$\bar{t}_h$: konstantes geplantes Intervall zwischen einer Verschleißbeseitigungs- und der darauf folgenden Verschleißhemmungsleistung

t_{h_j} : Zeitpunkte der Ausführung geplanter Verschleißhemmungsleistungen

$\bar{t}_b$: konstantes geplantes Verschleißbeseitigungsintervall

t_{b_j} : Zeitpunkte der Ausführung geplanter Verschleißbeseitigungsleistungen

t_{ul_j} : Zeitpunkte der Ausführung ungeplanter Instandhaltungsleistungen

auszuführenden Leistungen gerade der Quotient aus der Länge der Planperiode und der Länge des geplanten Intervalls[169]. Konkretere Aussagen über die zu erwartende Zahl der geplant und ungeplant auszuführenden Leistungen lassen sich nur gewinnen, wenn die Streuung des Verschleiß-

169) Bei gleichem geplanten Intervall entspricht diese Untergrenze für die Gesamtzahl der Leistungen somit der Zahl der geplanten Leistungen bei einer streng periodischen Politik.

verlaufs bzw. die Ausfallverteilung bekannt sind und explizit in den entsprechenden Überlegungen aufgenommen werden. Eine Obergrenze für die Gesamtzahl der Leistungen läßt sich ermitteln, indem man von der der maximalen Streuung entsprechenden höchstmöglichen Geschwindigkeit des Verschleißfortschritts bzw. von dem frühest möglichen Ausfall entsprechend der Ausfallverteilung ausgeht.

(3) Grundsätzlich gelten die Ausführungen zu den kalenderzeitperiodischen Instandhaltungspolitiken analog, wenn die Politiken periodisch im Hinblick auf andere (dominierende) Verschleißbestimmungsfaktoren - wie etwa die Betriebszeit - festgelegt sind. Eine allerdings wichtige Besonderheit besteht hier jedoch darin, daß für die Ermittlung der in der Planperiode auszuführenden Instandhaltungsleistungen die Produktions- bzw. die Anlagennutzungsplanung bereits vollzogen und der Instandhaltung bekannt sein müssen.

Im Fall einer betriebszeitperiodischen (oder etwa auch auf die Anzahl der Rüstvorgänge einer bestimmten Art bezogen periodischen) Instandhaltungspolitik und einer gegebenen Nutzungsplanung der betreffenden Produktionsanlagen gelingt die Instandhaltungsprogrammplanung wie für kalenderzeitperiodische Instandhaltungspolitiken, wenn der Zusammenhang zwischen den Betriebszeiten der Instandhaltungsobjekte und den Anlagenzeiten bekannt ist[17o)]. Damit das geplante Instandhaltungsprogramm auch plangemäß zur Durchführung kommen kann, sind allerdings während der Planperiode die Ausprägungen der Verschleißbestimmungsfaktoren (Betriebszeit, Anzahl der Rüstvorgänge) seit der jeweils letzten (geplanten) Leistung zu überwachen.

Für die Instandhaltungsobjekte, für die eine an der Nutzung der Produktionsanlagen orientierte Instandhaltungs-

---

17o) Vgl. hierzu den Abschnitt C des dritten Kapitels dieser Arbeit.

politik geplant ist, kann somit die Instandhaltungsprogrammplanung konkret jeweils nur auf die Zeiträume abstellen, die auch der Produktionsplanung zugrunde gelegt sind. Für davon abweichende längere Zeiträume kann man daher nur von geschätzten Werten ausgehen. Relevant wird dies insbesondere dann, wenn die Instandhaltungsprogrammplanung gemeinsam mit der Instandhaltungsablaufplanung als Grundlage für die vergleichsweise langfristige Kapazitäts(bereitstellungs-)planung der Instandhaltung dienen soll.

(4) Den bisher behandelten Instandhaltungspolitiken ist gemeinsam, daß Verschleißhemmungs- und Verschleißbeseitigungsleistungen aufgrund der Kenntnis des Verschleißverlaufs oder der Ausfallverteilung eingeplant werden. Demgegenüber ist im folgenden zu untersuchen, wie Art und Anzahl der in der Planperiode auszuführenden Instandhaltungsleistungen für die Instandhaltungsobjekte geplant werden können, für die eine Inspektionspolitik festgelegt ist. Dabei soll hier davon ausgegangen werden, daß der Verschleiß selbst, also die Veränderung der stofflich-technischen Beschaffenheit der Instandhaltungsobjekte und nicht die Verschleißwirkungen beobachtet werden. Weiterhin wird hier auf die Einbeziehung von Verschleißhemmungsmaßnahmen verzichtet, weil so der spezifische Einfluß von Inspektionen einfacher darzustellen ist; grundsätzlich lassen sich Verschleißhemmungsmaßnahmen jedoch berücksichtigen.

(4a) Zunächst soll hier der Einfluß einer Insepktionspolitik mit kontinuierlichen Inspektionen auf die Instandhaltungsprogrammplanung analysiert werden. Kontinuierliche Inspektionen führen dazu, daß das Verschleißniveau während des Planungszeitraumes (etwa mittels entsprechender Meßgeräte erfaßt) zu jedem Zeitpunkt bekannt ist[171]. Dies bietet den Vorteil, daß die (Total-)Kapazität der

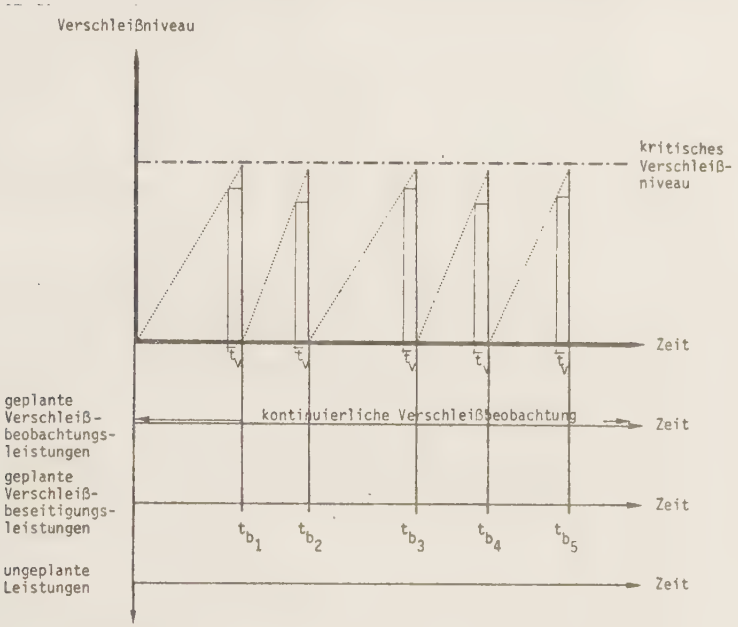
171) Dies gilt allerdings streng genommen nur, wenn die Meßgeräte auch jederzeit abgelesen werden.

Instandhaltungsobjekte am besten ausgenutzt werden kann, da insbesondere bei allmählich ansteigendem Verschleiß Verschleißbeseitigungsleistungen unmittelbar vor Erreichen des kritischen Verschleißniveaus ausgeführt werden können. Je nach der für die Vorbereitung verschleißbeseitigender Maßnahmen benötigten Zeit ist dazu jenes Verschleißniveau festzulegen, bei dessen Feststellung (die Vorbereitung für) eine Verschleißbeseitigungsleistung auszulösen ist[172]. Zusätzlich ist dieses Verschleißniveau davon abhängig zu machen, wie rasch der Verschleiß während dieser Vorbereitungszeit weiter fortschreiten wird. Sowohl die Geschwindigkeit des Verschleißfortschritts als auch die Vorbereitungszeit selbst (in Abhängigkeit von Art und Umfang der durchzuführenden Verschleißbeseitigung) können jedoch variieren. Daher ist das Verschleißbeseitigungsmaßnahmen auslösende Verschleißniveau streng genommen vor jeder Verschleißbeseitigung erneut zu bestimmen (vgl. hierzu Abb. 4.12 a). Sofern man sich dennoch auf eine einmalige Festlegung beschränkt, besteht folglich die Gefahr, daß entweder vor dem Beginn der Verschleißbeseitigung das kritische Verschleißniveau erreicht wird (also ein Ausfall eintritt) oder aber ein Teil der Kapazität des Instandhaltungsobjektes "verschenkt", also zu häufig repariert wird. Dieses Risiko besteht somit auch dann, wenn die Art der Verschleißbeseitigungsmaßnahme und damit die benötigte Vorbereitungszeit bereits im voraus geplant werden können, durch die Inspektionen also nur die Geschwindigkeit des Verschleißfortschritts zu beobachten ist (in der Abb. 4.12 a ist diese Annahme zugrunde gelegt). Vielfach wird man nun aber gerade eine Inspektionspolitik dann auswählen, wenn man auch die Verschleißart nicht (genau) kennt, so daß dann auch die Art der Verschleißbeseitigung erst entsprechend "spät" geplant werden kann. Diese Überlegungen zeigen, daß eine Inspektionspolitik mit kontinuierlichen Inspektionen (vor allem bei allmählich fortschreitendem Verschleiß)

---

172) KÜPPER (W.: Planung der Instandhaltung, S. 3o4) bezeichnet dieses Verschleißniveau als "Toleranzgrenze des Verschleißes".

Abb. 4.12 a: Schematische Darstellung einer Inspektionspolitik - mit kontinuierlichen Inspektionen



Symbole:

·····: Verschleißentwicklung

$\bar{t}_v$: konstante benötigte Vorbereitungszeit für Verschleißbeseitigungsleistungen

t_{b_j} : Zeitpunkte der Ausführung geplanter Verschleißbeseitigungsleistungen

zwar Ausfälle verhindern und gleichzeitg zu einer weitgehenden Ausnutzung der (Total-)Kapazität der betreffenden Instandhaltungsobjekte führen kann. Dem steht als Nachteil für die periodenbezogene Instandhaltungsprogrammplanung jedoch gegenüber, daß Verschleißbeseitigungsleistungen artmäßig für längere Zeit im voraus nur sehr begrenzt und ihre Zahl allenfalls aufgrund grober Schätzungen geplant werden können. Nimmt der Verschleiß sprunghaft zu, wird die Gefahr, daß Ausfälle eintreten, noch verstärkt. Denn dann müßten für die rechtzeitige Auslösung verschleißbeseitigender Leistungen Zeitpunkt

und Ausmaß des jeweils nächsten Verschleißsprungs bekannt sein. Generell ist aber davon auszugehen, daß diese Nachteile vor allem bei relativ schnell verschleissenden Instandhaltungsobjekten von größerer Bedeutung sind. Deren Verschleißprozeß ist dann allerdings auch in verhältnismäßig kurzer Zeit bekannt, so daß die Instandhaltungspolitik an den dann verbesserten Informationsstand angepaßt und auf Inspektionen eventuell ganz verzichtet werden kann.

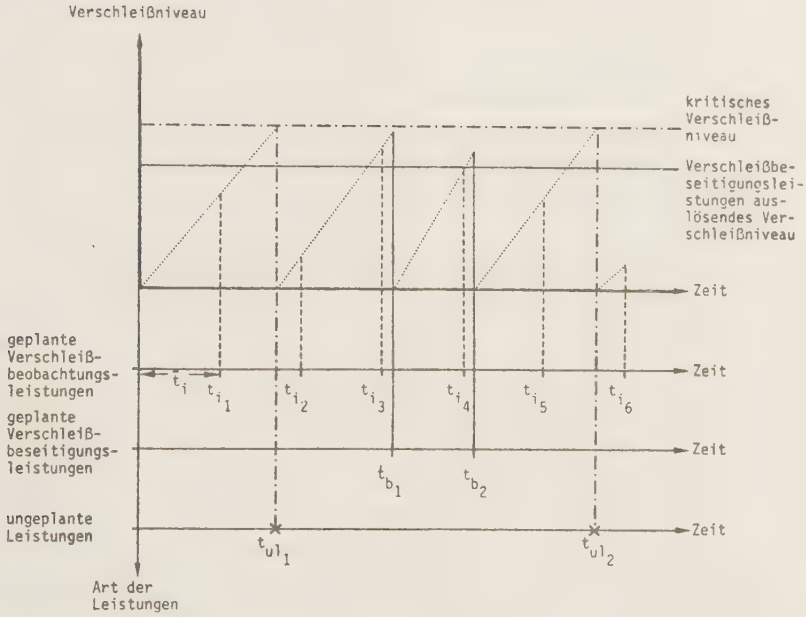
(4b) Für den Fall, daß eine Inspektionspolitik mit periodischen Inspektionen gewählt wird, ist zunächst danach zu differenzieren, auf welches Kriterium bei der Festlegung der Inspektionsintervalle abgestellt wurde - etwa die Kalender- oder Betriebszeit. Weiterhin muß man danach unterscheiden, ob die Inspektionen in streng periodischem oder altersabhängig periodischem Zyklus vorgesehen sind. In Abb. 4.12 b wird davon ausgegangen, daß die geplanten Inspektionen in streng kalenderzeitperiodischen Intervallen durchgeführt werden. Außerdem ist das Verschleißniveau, bei dessen Feststellung Verschleißbeseitigungsleistungen auszulösen sind, aus Gründen der Vereinfachung einheitlich festgelegt. Die Wahl dieses Verschleißniveaus ist in Abhängigkeit von der erwarteten Verschleißentwicklung gemeinsam mit der Festlegung der Inspektionszyklen vorzunehmen[173].

Die Ermittlung der periodenbezogenen Art und Zahl der Verschleißbeobachtungsleistungen ist in gleicher Weise wie für die Planung der Verschleißhemmungs- und Verschleißbeseitigungsleistungen ohne Inspektionen vorzunehmen - sowohl für streng als auch altersabhängig periodische Inspektionspolitiken. Art und Zahl der in der Planperiode auszuführenden Verschleißbeseitigungsmaß-

---

173) Vgl. hierzu die formal ähnliche Problemstellung bei der Festlegung des "Bestellpunktes" im Rahmen der Planung von Beschaffungsstrategien für Material. Vgl. dazu etwa GROCHLA, Erwin: Grundlagen der Materialwirtschaft, 3. Aufl., Wiesbaden 1978, S. 1o3-1o7.

Abb. 4.12 b: Schematische Darstellung einer Inspektionspolitik - mit streng kalenderzeitperiodischen Inspektionen



Symbole:

.....: Verschleißentwicklung

$\overline{t}_i$: konstantes geplantes Verschleißbeobachtungsintervall

t_{i_j} : Zeitpunkte der Ausführung geplanter Verschleißbeobachtungsleistungen

t_{b_j} : Zeitpunkte der Ausführung geplanter Verschleißbeseitigungsleistungen

t_{ul_j} : Zeitpunkte der Ausführung ungeplanter Instandhaltungsleistungen

nahmen sind demgegenüber wiederum (wie schon bei kontinuierlichen Inspektionen) nur über Schätzungen zu ermitteln.

(4c) Bei einer Inspektionspolitik mit Inspektionen zu sequentiell geplanten Terminen wird der Zeitpunkt einer geplanten Inspektion in Abhängigkeit davon festgelegt, welches Verschleißniveau bei der jeweils letzten Inspektion beobachtet wurde und wie sich der Verschleißver-

lauf unter Berücksichtigung der für das zurückliegende Intervall festgestellten Verschleißgeschwindigkeit voraussichtlich entwickeln wird. Außerdem entscheiden über den Zeitpunkt der jeweils nächsten Inspektion die Höhe der Verschleißwirkungen und die Risikoneigung des Entscheidenden. Vielfach wird man davon ausgehen können, daß der Verschleißverlauf zwar streut, daß sich aber auch untere und obere Schranken für die Streuung der Geschwindigkeit des Verschleißfortschritts bestimmen lassen. Bei der Festlegung des jeweils nächsten Inspektionstermins wird man sich dann entsprechend der Risikoneigung an der zu erwartenden (mittleren), der maximalen oder minimalen Verschleißgeschwindigkeit oder einem dazwischen liegenden Wert orientieren. In der Abb. 4.12 c ist völlige Risikoscheu unterstellt, so daß stets zu dem Zeitpunkt zu inspizieren ist, zu dem der Verschleiß frühestens das Niveau erreicht haben wird, bei dem Verschleißbeseitigungsleistungen auszulösen sind[174]. In diesem Fall verkürzen sich die Inspektionsintervalle ständig bis zum Auslösen einer Verschleißbeseitigung. Die letzte Inspektion eines Verschleißbeseitigungszyklus' wird man dann durchführen, wenn die Dauer bis zum frühest möglichen Erreichen des kritischen Verschleißniveaus mit der benötigten Vorbereitungszeit für die Verschleißbeseitigung übereinstimmt.

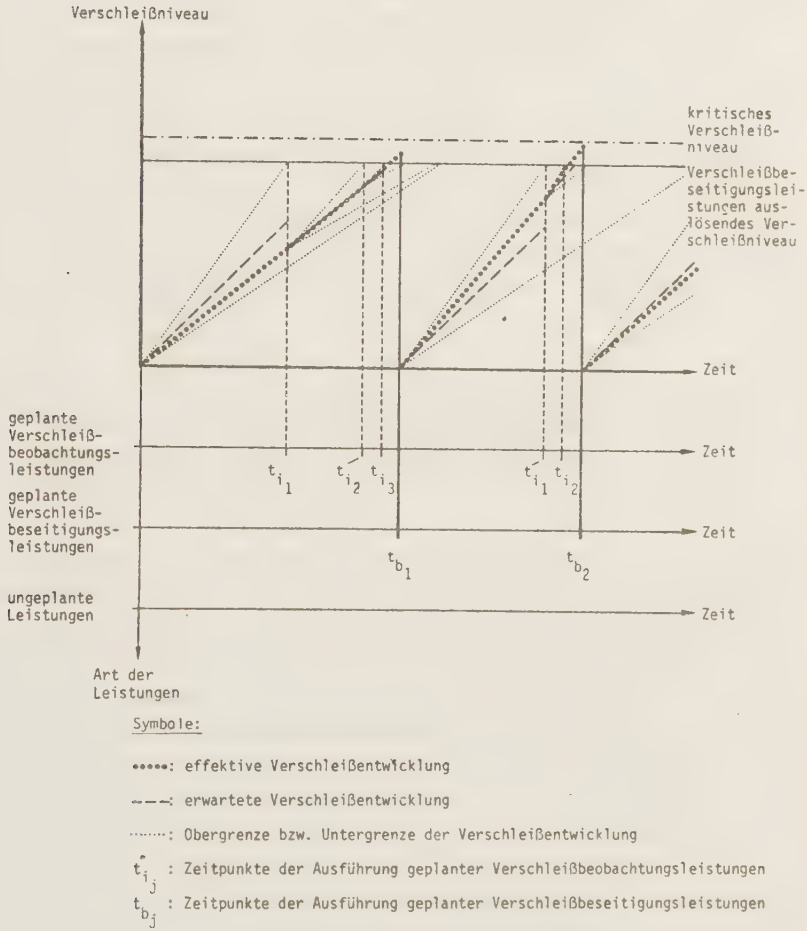
Da die Inspektionen bei dieser Politik jeweils nur in Abhängigkeit vom zuletzt festgestellten Verschleißniveau geplant werden, ist eine exakte periodenbezogene Planung der Inspektionen und Verschleißbeseitigungsleistungen nicht möglich. Sie lassen sich bei dieser Politik allenfalls über vergleichsweise grobe Schätzungen prognostizieren.

(5) Für den Fall, daß eine geplante Instandhaltung nicht zweckmäßig ist, können ebenfalls höchstens grobe Schätzungen, etwa aufgrund von Vergangenheitsdaten, über den

---

174) Vgl. eine ähnliche Abbildung bei MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 1o5.

Abb. 4.12 c: Schematische Darstellung einer Inspektionspolitik - mit Inspektionen zu sequentiell geplanten Terminen



Symbole:

•••••: effektive Verschleißentwicklung

– – –: erwartete Verschleißentwicklung

·····: Obergrenze bzw. Untergrenze der Verschleißentwicklung

t_{i_j} : Zeitpunkte der Ausführung geplanter Verschleißbeobachtungsleistungen

t_{b_j} : Zeitpunkte der Ausführung geplanter Verschleißbeseitigungsleistungen

Bedarf an Instandhaltungsleistungen erstellt werden.

Zusammenfassend ist festzuhalten, daß der periodenbezogene Bedarf an Instandhaltungsleistungen für die Instandhaltungsobjekte mit einer kalenderzeitperiodischen Instandhaltungspolitik vergleichsweise gut zu ermitteln ist, wenngleich auch dabei zum Teil nur untere und obere

Grenzen für die Zahl der Leistungen angegeben werden können. Dies gilt in gleicher Weise für die Instandhaltungspolitiken, die bezogen auf andere (dominierende) Verschleißbestimmungsfaktoren periodisch gestaltet werden. Demgegenüber sind Art und Anzahl der in der Planperiode auszuführenden Leistungen bei den verschiedenen Formen von Inspektionspolitiken nur über Schätzungen (mit Ausnahme periodischer Inspektionen) zu prognostizieren. Für die Planung des gesamten periodenbezogenen Instandhaltungsprogramms ist daher von besonderer Bedeutung, in welchem Umfang die alternativen Instandhaltungspolitiken für die Instandhaltungsobjekte zur Anwendung kommen.

II. Der Einfluß der Abstimmung der Instandhaltungspolitiken für den gesamten Anlagenpark auf das periodenbezogene Instandhaltungsprogramm

Grundsätzlich baut die Planung des periodenbezogenen, für den gesamten Anlagenpark zu erstellenden Instandhaltungsprogramms auf den für die einzelnen Instandhaltungsobjekte gewählten Instandhaltungspolitiken auf. Dies bedeutet jedoch nicht, daß die Instandhaltungsprogrammplanung auf eine einfache Aggregation der sich aus der Gestaltung der Instandhaltungspolitiken ergebenden Instandhaltungsleistungen beschränkt bleiben darf. Denn ein derartiges Vorgehen würde zu einem überhöhten Bedarf an Instandhaltungsleistungen führen. Daß der Leistungsbedarf einen wirtschaftlich vertretbaren Umfang überschreitet, folgt daraus, daß man bei der Gestaltung der Instandhaltungspolitiken für die einzelnen Instandhaltungsobjekte nur die relevanten, d. h. allein die diesen zurechenbaren Einzelkosten, nicht dagegen (auf welche geschlüsselte Weise auch immer) Instandhaltungsobjekt- und -auftragsgemeinkosten einbeziehen darf[175]. Beachtet man diesen Grundsatz des entscheidungsorientierten Rechnungswesens bei der Planung der Instandhaltungspolitik für die einzelnen Anlagenele-

175) Vgl. hierzu auch die Anmerkungen auf S.221.

mente, so können insbesondere die Kosten für die (mehrfach an der Ausführung von Instandhaltungsleistung beteiligten) Potentialfaktoren der Instandhaltung (zunächst) nicht berücksichtigt werden. Die Vernachlässigung solcher Bereitschaftskosten würde dann jedoch zu vergleichsweise kurzen Instandhaltungszyklen bzw. zu einem überhöhten Bedarf an Instandhaltungsleistungen führen, der dann einen ebenfalls überhöhten Bedarf an Instandhaltungspotentialen zur Folge hätte, zu dessen Deckung entsprechend hohe Bereitschaftskosten in Kauf zu nehmen wären. Um dies zu vermeiden, ist folglich eine wirtschaftlich fundierte Abstimmung der Instandhaltungspolitiken und -kapazitäten zu fordern[176].

Eine koordinierte Planung der Instandhaltungspolitiken und -kapazitäten setzt voraus, daß der Bedarf an Potentialfaktoren für eine einzelne Instandhaltungsleistung zumindest annähernd bekannt ist. Probleme bereitet die Ermittlung dieses Bedarfs vor allem deshalb, weil sie vergleichsweise langfristig orientiert sein muß und somit die sich aus der (kurzfristigen) Instandhaltungsprogramm- und -ablaufplanung ergebenden Auswirkungen nicht oder nur durch grobe Näherungswerte berücksichtigen kann. Insofern erscheint es zweckmäßig, wenn man der Planung des Potentialfaktorbedarfs für jeweils eine Leistung Durchschnittswerte oder gegebenenfalls auch Wahrscheinlichkeitsverteilungen für die zeitliche Inanspruchnahme der Potentiale zugrundelegt[177]. Auch die art- und qua-

---

176) Vgl. z. B. MÄNNEL, W.: Stellung der Instandhaltung, S. 25f. und 29; SCHEER, A.-W.: Instandhaltungspolitik, S. 182; KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 6.

177) Vgl. so etwa SCHELO, S. J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 261; VERGIN, R. C.: Scheduling Maintenance And Determining Crew Size For Stochastically Failing Equipment, in: Management Science, Vol. 13 (1966), No. 2, S. B52-B65, hier S. B53; KRESS, H.: Untersuchungen zur optimalen Organisation von Instandhaltungsarbeiten, S. 68; ORDELHEIDE (D.: Instandhaltungsplanung, S. 92) unterstellt für vorbeugende Reparaturen gegebene, konstante Zeiten und für "Scha-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

litätsmäßige Struktur des Bedarfs an Potentialen läßt sich höchstens näherungsweise berücksichtigen. Daher geht man in der Regel davon aus, daß die Instandhaltungsleistungen von den verfügbaren bzw. noch bereitzustellenden Potentialfaktoren - zumeist berücksichtigt man nur personelle Potentiale - (in gleicher Qualität) ausgeführt werden können[178].

Insbesondere zur Analyse der Auswirkungen unterschiedlicher Instandhaltungskapazitäten auf den "Umfang" der Warteschlangen, die einerseits von den allein ausfallschadensbedingt instandzuhaltenden Anlagen und andererseits von den möglicherweise auf Aufträge wartenden Instandhaltungspotentialen gebildet werden (können), wurden Warteschlangenmodelle entwickelt[179]. Darin stellt man vor-

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
densreparaturen" eine Wahrscheinlichkeitsverteilung für die Reparaturdauer. Von Wahrscheinlichkeitsverteilungen für die Reparaturdauer gehen ebenfalls aus SCHEER, A.-W.: Instandhaltungspolitik, S. 188f.; FROTSCHER, Johannes: Ein Simulationsmodell für den Reparaturdienst, in: Simulationsmodelle für ökonomische und organisatorische Probleme, hrsg. vom INSTITUT FÜR DATENVERARBEITUNG, Köln und Opladen 1968, S. 127-169, hier S. 128.

178) Vgl. so z. B. VERGIN, R. C.: Determining Crew Size, S. B53; FROTSCHER, J.: Ein Simulationsmodell, S. 128f.; KRESS, H.: Untersuchungen zur optimalen Organisation von Instandhaltungsarbeiten, S. 68f.; MALCOLM, Donald G.: System Simulation - A Fundamental Tool for Industrial Engineering, in: The Journal of Industrial Engineering, Vol. 9 (1958), No. 3, S. 177-187, hier S. 179; SCHEER (A.-W.: Instandhaltungspolitik) nennt diese Prämisse zwar nicht ausdrücklich, die Annahme geht jedoch aus seinen Ausführungen ab S. 189 hervor. Demgegenüber differenzieren ORDELHEIDE (D.: Instandhaltungsplanung, S. 51-54) und SCHELO (S. J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 252) zumindest nach verschiedenen Berufsgruppen bei den personellen Potentialen.

179) Vgl. so etwa PHILIPPS, T. E.: Maschine-Repair as a Priority Waiting-Line Problem, in: Operations Research, Vol. 4 (1956), S. 76-85; MORSE, Philip M.: Queues, Inventories and Maintenance, New York 1958 und hier insbes. Chapter 11 (Maintenance of Equipment), S. 157-179; HÖLZEL, Peter: Zur Lösung von Problemen der Maschineninstandhaltung mit Hilfe der Warteschlangentheorie, in: Operations Research und

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

nehmlich darauf ab, die Wartezeiten der Instandhaltungsaufträge und der Instandhaltungskapazitäten zu minimieren. Ohne im einzelnen auf die zum Teil realitätsfernen Prämissen der Warteschlangenmodelle einzugehen, sei insbesondere jedoch auf die fehlende Berücksichtigung der erfolgswirtschaftlichen Auswirkungen alternativer Bedienungsdisziplinen hingewiesen. Denn eine ausschließliche Orientierung an Zeit- und Mengengrößen kann nur in Ausnahmefällen zu einer wirtschaftlichen Kapazitätsplanung führen.

Auf den Warteschlangenansätzen bauen Simulationsmodelle auf, die einerseits vor allem auch geplante Instandhaltungsleistungen berücksichtigen und andererseits zunehmend mehr der Realität entsprechende Prämissen aufnehmen[18o]. So sind etwa mehrere unterschiedliche "Bedienungsstatio-

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite: Datenverarbeitung bei der Instandhaltungsplanung, hrsg. von Karl F. BUSSMANN und Peter MERTENS, Stuttgart 1968, S. 126-136; JACKE, Siegfried: Zur Übertragung von Optimierungsmodellen der Mehrmaschinenbedienung auf die Instandhaltungsbereitstellungsplanung, in: Operations Research und Datenverarbeitung bei der Instandhaltungsplanung, hrsg. von Karl F. BUSSMANN und Peter MERTENS, Stuttgart 1968, S. 1o7-12o; KISTNER, Klaus-Peter: Betriebsstörungen und Warteschlangen, Opladen 1974, insbes. S. 3o4-4o2.

18o) Vgl. hierzu insbes. ORDELHEIDE, D.: Instandhaltungsplanung, S. 119-15o, speziell zu Auswirkungen unterschiedlicher Instandhaltungspolitiken auf den Bedarf an bzw. die Auslastung der Instandhaltungskapazitäten S. 137-142 sowie zur ausführlichen Kritik an den (zum Teil relativ stark vereinfachenden) Prämissen der Simulationsmodelle von VERGIN (R. C.: Determining Crew Size, S. B52-B65), FROTSCHER (J.: Ein Simulationsmodell) und KRESS (H.: Untersuchungen zur Bestimmung der optimalen Organisation von Instandhaltungsarbeiten, S. 79-91); SCHEER, A.-W.: Instandhaltungspolitik, S. 19o-2o3. Zu früher entwickelten (Simulations-)Modellen vgl. MALCOLM, D. G.: System Simulation, S. 177-187 und die dort angegebene Literatur; BUTLER, David E.: A Computer Program for Balancing Man Power Requirements of Construction and Maintenance Projects, Massachusetts 1961; BELL, Chauncey F. - KAMINS, Milton: Determining Economic Quantities of Maintenance Ressorces: A Minuteman Application, The RAND Corporation, Memorandum RM-33o8-PR, January 1963; KIVIAT, P. J.: Manpower Requirements Prediction and Allocation for Unscheduled Maintenance on Aircraft, The RAND Corporation, Memorandum RM-5215-PR, February 1967.

nen" (Instandhaltungs(teil-)kapazitäten) und Wahrscheinlichkeitsverteilungen für die Dauer der Inanspruchnahme der Instandhaltungspotentiale zugelassen. Obwohl die Bedienungsdisziplin prinzipiell an erfolgswirtschaftlichen Größen ausgerichtet werden könnte, ist eine simultane Planung der Instandhaltungskapazitäten und -politiken unter unmittelbarer Berücksichtigung der erfolgswirtschaftlichen Auswirkungen bisher noch nicht erreicht. Um zugleich auch eine für realistische Größenordnungen geeignete, erfolgsorientierte Abstimmung der Instandhaltungspolitiken und -kapazitäten zu ermöglichen, wird hier eine skuzessive Vorgehensweise vorgeschlagen.

Hierzu sind zunächst die Instandhaltungspolitiken in der bereits behandelten Art und Weise[181] unter Einbeziehung der Verschleißwirkungen und der Instandhaltungskosten zu planen. Um die eingangs beschriebene, daraus zunächst resultierende Folge überhöhter Bereitschaftskosten zu vermeiden, hat man in einem zweiten Schritt zu untersuchen, in welchem Umfang Potentialfaktoren einzusparen sind, ohne daß die dadurch eingesparten Bereitschaftskosten von den dann zusätzlich in Kauf zu nehmenden wirtschaftlichen Nachteilen überkompensiert werden. Dazu ist zu ermitteln, welche Auswirkungen sich aus einer Reduzierung der Instandhaltungspotentiale auf die Bereitschafts- und Leistungskosten der Instandhaltung sowie auf die ökonomisch nachteiligen Verschleißwirkungen ergeben. Diesbezüglich wird man in der Regel davon ausgehen können, daß sich die Bereitschafts- und Leistungskosten der Instandhaltung verringern[182] und die allmählich zunehmenden

181) Vgl. hierzu den Abschnitt A III. dieses Kapitels und die dort angegebene Literatur.

182) Obschon durch eine Reduzierung der Potentialfaktoren eine Verlängerung zumindest einiger objektbezogener Instandhaltungsintervalle und damit eine Abnahme der von der Zahl der Leistungen abhängigen Instandhaltungsleistungskosten zu erwarten ist, können sich die Leistungskosten insgesamt möglicherweise auch erhöhen, wenn aufgrund der Intervallverlängerung mit einer Zunahme der ausfallbedingten Instandhaltungsleistungen zu rechnen ist und diese höhere Kosten verursachen als geplant ausgeführte Leistungen.

Verschleißwirkungen bzw. die Risiken einer sprunghaften Zunahme der Verschleißwirkungen ansteigen. Der (effektive) Bedarf an Potentialfaktoren der Instandhaltung ist dann erreicht, wenn der durch den Abbau von Potentialen erzielbare Vorteil einer Reduzierung der Instandhaltungsbereitschaftskosten (und möglicherweise der Leistungskosten) durch den Nachteil zunehmender (Erwartungswerte der) Verschleißwirkungen gerade ausgeglichen ist. Dabei ist es nicht gleichgültig, bei welchen Instandhaltungsobjekten und -leistungen die Instandhaltungsintervalle verändert werden[183]. Insbesondere wäre es verfehlt, zunächst bei jenen Instandhaltungsobjekten oder -leistungen eine Intervallverlängerung vorzunehmen, die die stärkste Reduzierung des Potentialfaktorbedarfs oder die geringsten zusätzlichen Verschleißwirkungen herbeiführen. Vielmehr hat man sich an dem spezifischen (zusätzlichen) Nachteil zu orientieren. Das bedeutet, daß zunächst die Instandhaltungsintervalle bei jenen Instandhaltungsobjekten und Instandhaltungsleistungen zu verlängern sind, die die geringsten zusätzlichen Verschleißwirkungen je eingesparter Zeiteinheit der Inanspruchnahme der betreffenden Potentialfaktoren aufweisen. Dies ist so lange fortzuführen, bis gerade der Abbau einer Potentialfaktoreinheit erreicht ist. Ist der sich dann durch die Reduzierung der Leistungs- und Bereitschaftskosten zu gewinnende Vorteil größer als der aufgrund zunehmender Verschleißwirkungen in Kauf zu nehmende Nachteil, hat man diesen Prozeß bis zum Abbau der jeweils nächsten Potentialfaktoreinheit fortzuführen, ansonsten ist der Prozeß abzubrechen.

Die hier im Grundsatz dargestellte Vorgehensweise ist in Abb. 4.13 an einem einfachen Beispiel erläutert. Das Verfahren besteht aus sechs Schritten. Im 1. Schritt (vgl.

---

183) Streng genommen ist zusätzlich zu überprüfen, ob nicht sogar auch die artmäßige Struktur der ausgewählten Instandhaltungspolitiken - also die Kombination der Verschleißbeobachtungs-, Verschleißhemmungs- und Verschleißbeseitigungsstrategien - zu revidieren ist. Davon wird hier jedoch abgesehen.

Abb. 4.13: Beispielhafte Darstellung der sukzessiven Abstimmung für den gesamten Anlagenpark der Instandhaltungspolitiken

1. Schritt: Erfassung der Instandhaltungsobjekte

1	Instandhaltungsobjekte	a	b	c	d	e	f	g	h	

2. Schritt: Erfassung der in der Planperiode entsprechend der Planung der Instandhaltungspolitiken auszuführenden Zahl von Instandhaltungsleistungen

2	Zahl der Instandhaltungsleistungen	10	15	9	20	10	14	12	16	18	-

3. Schritt: Ermittlung der (Erwartungswerte der) in der Planperiode zusätzlich in Kauf zu nehmenden wirtschaftlichen Nachteile (1) bei Reduzierung der Zahl der Instandhaltungsleistungen

3	um 1 Leistung	400	500	100	2.000	1.000	400	200	[illegible]	400	DM
4	um 2 Leistungen	2.100	1.000	400	6.000	2.400	1.000	[illegible]	[illegible]	400	DM
5	um 3 Leistungen	4.500	2.000	1.500	12.000	4.800	3.000	15.000	[illegible]	1.200	DM
6	um 4 Leistungen	10.000	7.000	5.000	30.000	15.000	9.000	45.000	25.000	6.000	DM
7	um 5 Leistungen	25.000	18.000	19.000	65.000	40.000	16.000	100.000	50.000	12.000	DM

4. Schritt: Ermittlung der für die Ausführung je einer Leistung erforderlichen Personaleinsatzzeiten

8	je Leistung erforderliche Personaleinsatzzeit	100	120	150	90	50	80	200	80	300	Std.

5. Schritt: Ermittlung der spezifischen (je eingesparter Personaleinsatzzeiteinheit) zusätzlich in Kauf zu nehmenden wirtschaftlichen Nachteile bei Reduzierung der Zahl der Instandhaltungsleistungen

9	um 1 Leistung	8	4,2	3,7	22,2	20	5	6	[illegible]	1	DM/Std.
10	um 2 Leistungen	21	8,3	[illegible]	56,7	48	[illegible]	25	[illegible]	3	DM/Std.
11	um 3 Leistungen	45	16,7	10	133,3	140	37,5	75	122,2	24	DM/Std.
12	um 4 Leistungen	100	58,3	[illegible]	333,3	300	[illegible]	225	[illegible]	60	DM/Std.
13	um 5 Leistungen	250	150	126,7	722,2	800	250	450	555,7	100	DM/Std.

6. Schritt: Ordnung der Instandhaltungsobjekte nach der Höhe der spezifischen wirtschaftlichen Nachteile und Festlegung der optimalen Zahl an Instandhaltungsleistungen und personellen Kapazitätseinheiten

(a) Ermittlung der Instandhaltungsobjekte und der zu reduzierenden Zahl an Instandhaltungsleistungen, um eine personelle Kapazitätseinheit einzusparen (Einsparung von 900 Stunden)

14	Instandhaltungsobjekte	-	c	-	b	f	g	a		
15	Höhe der spezifischen wirtschaftlichen Nachteile	0,7	2,7	3	4,2	5	6	8		DM/Std.
16	kumulierte eingesparte Personaleinsatzzeiten	150	300	450	520	600	800	900		Std.
17	kumulierte eingesparte Bereitschaftskosten	-	-	-	-	-	-	18.000		DM
18	kumulierte zusätzliche wirtschaftliche Nachteile	100	500	900	1.300	1.700	2.900	3.700		DM

(b) Ermittlung der Instandhaltungsobjekte und der zu reduzierenden Zahl an Instandhaltungsleistungen, um eine weitere personelle Kapazitätseinheit einzusparen (Einsparung weiterer 900 Stunden)

	Instandhaltungsobjekte	b	[illegible]	c	f	b	h	e	a	d	
20	Höhe der spezifischen wirtschaftlichen Nachteile	8,3	9	10	12,5	18,7	17,8	20	21	22,2	DM/Std.
21	kumulierte eingesparte Personaleinsatzzeiten	120	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Std.
22	kumulierte eingesparte Bereitschaftskosten	-	-	-	-	-	-	-	-	18.000	DM
23	kumulierte zusätzliche wirtschaftliche Nachteile	1.000	1.900	3.400	4.400	6.100	8.000	9.000	11.100	13.100	DM

(c) Ermittlung der Instandhaltungsobjekte und der zu reduzierenden Zahl an Instandhaltungsleistungen, um eine weitere personelle Kapazitätseinheit einzusparen (Einsparung weiterer 900 Stunden)

24	Instandhaltungsobjekte	f	g	c	f	a	e	b	-	
25	Höhe der spezifischen wirtschaftlichen Nachteile	24	25	33,3	37,5	45	48	[illegible]	60	DM/Std.
26	kumulierte eingesparte Personaleinsatzzeiten	100	300	450	530	[illegible]	680	720	900	Std.
27	kumulierte eingesparte Bereitschaftskosten	-	-	-	-	-	-	-	[illegible]	DM
28	kumulierte zusätzliche wirtschaftliche Nachteile	2.400	7.400	12.400	15.400	33.900	22.400	23.400	33.300	DM

(1) Hierzu zählen die zusätzlich in Kauf zu nehmenden Verschleißwirkungen, die aufgrund der mit der Reduzierung der Zahl der Instandhaltungsleistungen verbundenen Abweichung von den zunächst geplanten Instandhaltungsintervallen entstehen. Von diesen sind allerdings die durch die Verringerung der Zahl der Instandhaltungsleistungen entfallenden leistungsanlaßabhängigen Leistungskosten der Instandhaltung in Abzug zu bringen. Die eingetragenen Werte enthalten die Aggregation beider Komponenten.

(2) Es wird unterstellt, daß das Personal die maßgebliche Kapazitätskomponente wiedergibt. Weiterhin wird angenommen, daß ein Handwerker im Durchschnitt 150 Std. pro Monat leistet und je Monat 3.000 DM Bereitschaftskosten verursacht. Die Planperiode ist mit 6 Monaten angenommen.

E r g e b n i s: Es lassen sich 2 Handwerker einsparen!

Zeile 1 der Abb. 4.13) werden die Instandhaltungsobjekte erfaßt, an denen in der Planperiode entsprechend der objektbezogenen Gestaltung der Instandhaltungspolitiken die in Zeile 2 ausgewiesenen Instandhaltungsleistungen auszuführen sind[184]. Anschließend wird (im 3. Schritt) die Höhe der zusätzlich in Kauf zu nehmenden wirtschaftlichen Nachteile ermittelt, wenn man die Instandhaltungsintervalle bei den einzelnen Instandhaltungsobjekten so verlängert, daß man eine, zwei, drei usw. Leistungen einspart. In der Abb. 4.13 sind die für das Beispiel angenommenen Werte (nicht kumuliert!) in den Zeilen 3 bis 7 eingetragen. Zeile 8 enthält die für die Ausführung je einer Instandhaltungsleistung durchschnittlich benötigten Personaleinsatzzeiten[185]. Im 5. Schritt (Zeilen 9 bis 13 in Abb. 4.13) werden dann die bei Einsparung von ein, zwei usw. Leistungen jeweils zusätzlich in Kauf zu nehmenden spezifischen ökonomischen Nachteile errechnet (Division der Werte in den Zeilen 3 bis 7 durch die entsprechenden Werte in Zeile 8). Schließlich werden (im 6. Schritt) die Instandhaltungsobjekte in eine Rangfolge nach der Höhe dieser (zunehmenden) wirtschaftlichen Nachteile je eingesparter Personaleinsatzzeiteinheit gebracht, da man zunächst bei jenen Instandhaltungsobjekten eine Reduzierung der Zahl der Instandhaltungsleistungen vornehmen wird, bei denen die spezifischen ökonomischen Nachteile am geringsten sind. Die sich damit ergebende Reihenfolge der Instandhaltungsobjekte ist in den Zeilen 14, 19 und 24 der Abb. 4.13 ausgewiesen. Die Zeilen 16, 21und 26 enthalten die einsparbaren (kumulierten!) Personaleinsatzzeiten, wenn man die Leistungen an den einzelnen Instandhaltungsobjekten entsprechend der beschriebenen Rangfolge reduziert. Da im Beispielfall angenommen wird, daß ein Handwerker in der Planungsperio-

---

184) Dabei wird zur Verdeutlichung der Vorgehensweise vereinfachend unterstellt, daß nur Verschleißbeseitigungsleistungen durchzuführen sind.

185) Im Beispiel wird somit nicht zwischen verschiedenen von den Leistungen ausgehenden Anforderungen an die personellen Kapazitäten differenziert. Grundsätzlich lassen sich jedoch unterschiedliche Teilkapazitäten berücksichtigen.

de (6 Monate) durchschnittlich 9oo Stunden leistet, ist zunächst festzustellen, bei welchen Objekten man eine Reduzierung der Zahl der Leistungen vornehmen muß, um jeweils gerade 9oo Stunden einzusparen. Da im Beispiel davon ausgegangen wird, daß erst dann die für einen Handwerker anfallenden Bereitschaftskosten vermieden werden können[186], ist der entsprechende Wert (18.ooo DM) in Zeile 17 erst für den Fall des Abbaus des Stundenvolumens von 9oo Stunden eingetragen. Dies ist im Beispiel dann gegeben (Zeile 16 der Abb. 4.13), wenn man auf zwei Leistungen beim Instandhaltungsobjekt c und je eine Leistung bei den Objekten i, b, f, g und a verzichtet. Die dafür zusätzlich in Kauf zu nehmenden (kumulierten!) wirtschaftlichen Nachteile (3.7oo DM) sind in Zeile 18 ausgewiesen. Da diesen aber DM 18.ooo eingesparte Bereitschaftskosten gegenüberstehen, ist dieselbe Vorgehensweise auch noch für die Überprüfung der Wirtschaftlichkeit des Verzichts auf einen weiteren Handwerker usw. solange zu wählen, bis die eingesparten Bereitschaftskosten durch die zusätzlichen ökonomischen Nachteile überkompensiert werden. Dies ist im Beispiel solange nicht der Fall, wie man nur auf gerade zwei Handwerker verzichtet.

Auch mit diesem sukzessiven Verfahren kann man letztlich jedoch nur eine Näherungslösung für die Abstimmung der Instandhaltungspolitiken bezogen auf den gesamten Anlagenpark erzielen, da hierbei insbesondere die Interdependenzen zur (im nächsten Kapitel behandelten) Instandhaltungsablaufplanung nicht (hinreichend) berücksichtigt werden können. Man denke beispielsweise daran, daß erst im Rahmen der Verfahrenswahl und hier etwa bei der Wahl zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung über die Art der Ausführung der Leistungen entschieden wird und davon zugleich ein wesentlicher Einfluß auf die Instandhaltungskosten (so auch auf die Struktur der Anteile der Leistungs- und Bereitschaftskosten) ausgeht.

---

186) Damit ist streng genommen unterstellt, daß man an einmal eingestellte Handwerker 6 Monate gebunden ist.

III. Einflüsse weiterer Bestimmungsfaktoren auf das periodenbezogene Instandhaltungsprogramm

Sofern für die Planperiode wesentliche Änderungen der Entwicklung der Verschleißwirkungen und Instandhaltungskosten zu erwarten sind, sind auch diese bei der Programmplanung zu berücksichtigen. Sie könnten etwa dadurch hervorgerufen werden, daß die Preise für die Produktionsfaktoren der Instandhaltung nachhaltig steigen oder sinken oder beispielsweise auch dadurch, daß die Verschleißwirkungen wegen sinkender Auslastung einiger oder aller Betriebsbereiche abnehmen - da Ausfälle mit vergleichsweise geringen Kosten ausgeglichen werden können. Insgesamt sind der gegenüber der Politikplanung kurzfristigeren Programmplanung vor allem auch Informationen über die Planung der mit der Instandhaltung konkurrierenden Maßnahmen anderer Teilbereiche der Anlagenwirtschaft und des Unternehmens insgesamt eher bekannt und entsprechend zu berücksichtigen. Auch die hier angesprochenen zu erwartenden Änderungen lassen sich ohne Schwierigkeiten bei der im letzten Abschnitt dargestellten Vorgehensweise aufnehmen.

Mit dem Einfluß finanzieller Möglichkeiten auf die Planung des Instandhaltungsprogramms ist zunächst die Abstimmung des Instandhaltungsprogramms mit dem Instandhaltungsbudget angesprochen. Von Bedeutung ist dies naturgemäß insbesondere dann, wenn das Instandhaltungsbudget nicht ausreicht, um die Leistungen entsprechend den Instandhaltungspolitiken ausführen zu können. Um einen Ausgleich herbeizuführen, sind Wirtschaftlichkeitsrechnungen erforderlich, die Aussagen darüber zulassen, bei welchen Anlagen bzw. Instandhaltungsobjekten und/oder bei welchen Instandhaltungsleistungen Einschränkungen vorzunehmen sind[187].

---

187) Vgl. hierzu MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 188-194, der solche Wirtschaftlichkeitsrechnungen beispielhaft durchführt. Grundsätzlich läßt sich auch diese Abstimmung in prinzipiell gleicher Weise

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Kurzfristig läßt sich die Beachtung von Budgetgrenzen dadurch herbeiführen, daß man das Verschleißniveau, bei dem repariert wird, heraufsetzt, sofern abzusehen ist, daß ansonsten das Budget nicht ausreicht und umgekehrt[188]. Eine Anpassung ist aber beispielsweise auch dadurch möglich, daß verstärkt (relativ kostengünstige) Inspektionen durchgeführt werden, um so die vielfach höhere Belastung des Budgets durch (vor allem austauschende) Reparaturen zu vermeiden.

Schließlich wird vielfach eine Abstimmung mit kurzfristigen Liquiditätsengpässen[188] erforderlich, die im Prinzip in gleicher Weise wie die mit einem knappen Instandhaltungsbudget zu erfolgen hat.

Mit der Berücksichtigung des Einflusses bilanzieller Aspekte auf die periodenbezogene Instandhaltungsprogrammplanung sind vor allem die von den Erfordernissen des Erfolgsausweises ausgehenden Wirkungen auf die periodenbezogene Programmplanung angesprochen[189]. So läßt sich durch die Aufnahme zusätzlicher Instandhaltungsleistungen in die Planperiode, die ansonsten erst in der folgenden Periode erbracht werden müßten, eine Vorverlegung von Steuerersparnissen (bei in beiden Perioden entsprechend hohem Gewinn) erreichen, mit der man wiederum einen Zinsgewinn erzielen kann. Allerdings wird sich dies erst für kurzfristige Programmplanungen kurz vor dem Zeitpunkt der Bilanzerstellung realisieren lassen[190].

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
wie die im vorhergehenden Abschnitt beschriebene Abstimmung der Instandhaltungspolitiken und -kapazitäten erreichen.

188) Vgl. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 194f.

189) Vgl. hierzu und zum folgenden vor allem MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 199-206.

190) Abhängig ist die Höhe der Steuerersparnis (bzw. des daraus resultierenden Zinsgewinns) auch davon, ob die betreffenden Ausgaben als Instandhaltungsaufwand sofort erfolgsmindernd ausgewiesen werden können oder aber als Herstellungsaufwand aktiviert und abgeschrieben werden müssen. Vgl. hierzu den Abschnitt A II. 1. e) des ersten Kapitels dieser Arbeit.

Demgegenüber wird man in Zeiten geringen Periodenerfolgs tendenziell zu einer Verschiebung in die folgende Periode neigen. Dies läßt sich etwa damit begründen, daß vor allem bei fremdkapitalintensiven Unternehmen zur Beschaffung zusätzlicher finanzieller Mittel noch ein Periodengewinn ausgewiesen werden soll[191].

Art und Zahl der Instandhaltungsobjekte üben maßgeblichen Einfluß auf die Struktur des Instandhaltungsprogramms aus. Außer der Abhängigkeit des Umfangs des Instandhaltungsprogramms von der Zahl der Instandhaltungsobjekte ist insbesondere die Art der Instandhaltungsobjekte von Bedeutung. Je gleichartiger diese - auch im Wege der Zerlegung der Anlagen - gewählt werden, umso homogener sind die erforderlichen Instandhaltungsleistungen und damit die artmäßige Struktur des Instandhaltungsprogramms. Daraus ergibt sich zum einen ein Vorteil für die Programmplanung, da sich insbesondere die Erwartungswerte für die ungeplant auszuführenden Instandhaltungsleistungen stabilisieren. Zum anderen kann dies aber auch zu Nachteilen für nachgelagerte Planungen führen, weil hierdurch bedingt Ballungen des Leistungsbedarfs in vergleichsweise kurzen Zeiträumen für solche gleichartigen Instandhaltungsobjekte auftreten können. Allerdings kann dies aber auch dazu führen, daß für solche Instandhaltungsobjekte koordinierte (opportunistische) Instandhaltungspolitiken festgelegt werden können.

---

191) Vgl. zu den Auswirkungen der Konjunktur auf die Instandhaltung etwa HERZIG, Norbert: Instandhaltung und Investitionsplanung in unterschiedlichen konjunkturellen Phasen, in: Instandhaltung - Ein Managementproblem der Anlagenwirtschaft, Arbeitsbericht Nr. 2 des Arbeitskreises Anlagenwirtschaft der Schmalenbach-Gesellschaft, Köln 1978, S. 245-266.

Fünftes Kapitel
Planung der Durchführung von Instandhaltungsleistungen als Grundlage der Planung des Bedarfs an Produktionsfaktoren der Instandhaltung

A Planung der Ausführung einzelner Instandhaltungsleistungen

I. Wahl des Instandhaltungsverfahrens

1. Begriff und Inhalt der Wahl des "Instandhaltungsverfahrens"

In Analogie zu einer weiten Auslegung des Begriffs "Fertigungsverfahren" könnte man als Instandhaltungsverfahren zunächst in ganz umfassendem Sinn die Art und Weise bezeichnen, in der das Instandhaltungsprogramm durchgeführt wird[1]. Diese weite Begriffsfassung könnte zu dem Schluß führen, daß die Wahl des Instandhaltungsverfahrens mit der Vollzugs- oder Ablaufplanung der Instandhaltung als der Durchführungsplanung des Instandhaltungsprogramms (zumindest weitgehend) identisch sei. Demgegenüber wird die Instandhaltungsablaufplanung in dieser Arbeit als Oberbegriff für alle mit der Ausführung von Instandhaltungsleistungen verbundenen Planungsaufgaben - zu denen nicht nur die Wahl des Instandhaltungsverfahrens zählt - verstanden. Insofern erfordert eine Erläuterung des Begriffs und Inhalts der Verfahrenswahl zunächst eine

1) Vgl. zu einer entsprechenden auf den Vollzug des Fertigungsprogramms bezogenen Begriffsfassung KOCH, Helmut: Betriebliche Planung, Grundlagen und Grundfragen der Unternehmenspolitik, in: Die Wirtschaftswissenschaften, Reihe A, Nr. 4, hrsg. von Erich GUTENBERG, Wiesbaden, 1961, S. 30-78, hier S. 53. Ähnlich weit definiert MÄNNEL (W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 209) den Begriff "Reparaturverfahren" als "...im denkbar weitesten Sinn die Art und Weise, in der bestimmte Reparaturaufgaben gelöst werden...".

funktionsbezogene Abgrenzung zu anderen Aufgaben der Instandhaltungsablaufplanung. So sind von der Verfahrenswahl insbesondere die Festlegung der Reihenfolge der Durchführung von Instandhaltungsaufträgen (Reihenfolgeplanung) und deren zeitpunkt- bzw. zeitraumbezogene Einplanung (Terminplanung) zu unterscheiden.

Eine Trennung der Aufgabeninhalte von Verfahrenswahl und Reihenfolgeplanung mag die Vorstellung vermitteln, daß für mehrere Instandhaltungsaufträge im Rahmen der Verfahrenswahl etwa eine bestimmte Schweißtechnik oder Inspektionsalternative (z. B. Endoskopie) ausgewählt wird und die Reihenfolgeplanung festzulegen hat, in welcher Abfolge die Verfahren jeweils durch die einzelnen Instandhaltungsaufträge in Anspruch genommen werden. Daß beide Funktionen andererseits nicht immer so eindeutig gegeneinander abgegrenzt werden können, zeigt sich schon daran, daß mit der Verfahrenswahl vielfach gleichzeitig auch die Reihenfolge determiniert wird, in der ein Instandhaltungsauftrag etwa mehrere Bearbeitungsstationen zu durchlaufen hat. Umgekehrt können durch Entscheidungen über die Bearbeitungsreihenfolge die Instandhaltungsverfahren festgelegt werden. Dies wird für den Fall deutlich, daß die Maschinenbelegung (in einer zentralen Werkstatt) geplant wird und davon gleichzeitig auch die Inanspruchnahme - unterschiedliche Verfahren repräsentierender - Instandhaltungsanlagen betroffen ist. Zwischen beiden Aufgaben bestehen somit sehr enge Wechselbeziehungen. Daher ist grundsätzlich eine simultane Planung der Verfahren und Reihenfolgen zu fordern.

Eine ähnliche enge Verflechtung besteht auch zwischen Verfahrenswahl und Terminplanung[2)]. Dies kommt schon darin zum Ausdruck, daß einerseits durch Verfahrensentscheidungen auch der Zeitbedarf für die Durchführung von Instandhaltungsaufträgen wesentlich mitbestimmt wird und andererseits die Einplanung eines bestimmten Fertigstel-

---

2) Vgl. hierzu auch MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 24of.

lungstermins und/oder Zeitbedarfs das Verfahren determinieren kann.

Außer der funktionsbezogenen Abgrenzung erfordert die Erläuterung des Begriffs der Verfahrenswahl auch ein Abstellen auf den Gegenstand der Verfahrenswahl. So wird bezüglich der Fertigungsverfahren die Meinung vertreten, daß die Verfahrensüberlegungen von der Wahl der besonderen Art und Weise des Vorgehens bei bestimmten Handgriffen (z. B. Aufstreichen von Klebstoff) bis zur Wahl des fertigungswirtschaftlichen Grundprinzips, das ganzen Erzeugungsprozessen zugrundeliegt[3], reichen. Bezogen auf die Instandhaltung läßt sich ebenfalls eine Hierarchie von Objekten bilden, deren Elemente jeweils Gegenstand der Verfahrenswahl im Instandhaltungsbereich sein können (vgl. hierzu Abb. 5.1). Diese Hierarchie beginnt bei einem Auftragselement, setzt sich fort über die Zusammenfassung mehrerer Elemente eines Auftrags bis zu einem Instandhaltungsauftrag insgesamt und endet beim gesamten Instandhaltungsprogramm, wobei die Problematik der Wahl der letztgenannten Bezugsgröße unter dem Aspekt der funktionellen Abgrenzung bereits diskutiert wurde.

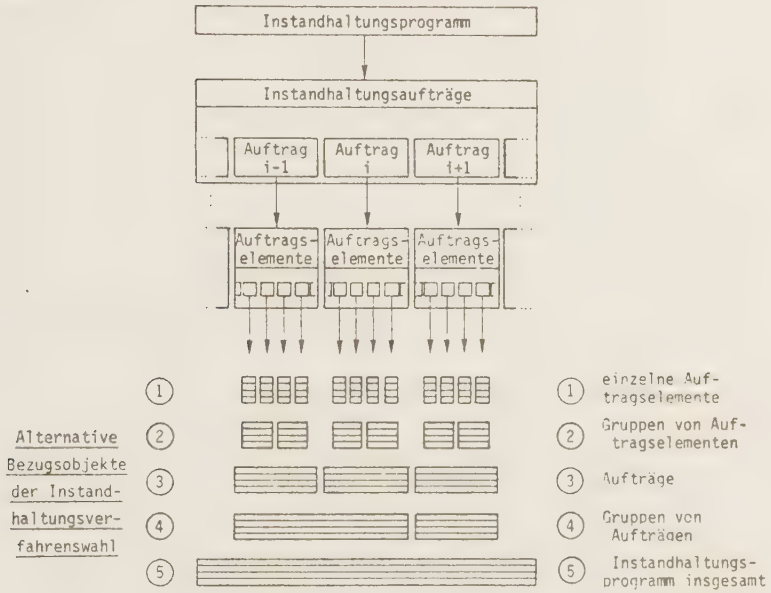
Die Art und Weise der Durchführung eines Elementes dieser Hierarchie wird weitgehend von der Art und Kombination der eingesetzten Produktionsfaktoren[4] der Instandhaltung bestimmt. Wird dabei unter Verfahren "...die technisch-organisatorische Struktur betrieblicher Kombinationsprozesse verstanden, in denen die Elementarfak-

---

3) Wie etwa das "Solvay-Soda-Verfahren" oder das "Raschig-Verfahren" zur Phenolsynthese; vgl. so RIEBEL, Paul: Industrielle Erzeugungsverfahren in betriebswirtschaftlicher Sicht, Wiesbaden 1963, S. 13. Ohne den Bezug auf eine bestimmte Größe definiert GUTENBERG (E.: Die Produktion, S. 86) Verfahren ganz allgemein als "...eine manuelle oder maschinelle Betätigung ..., durch die auf feste, flüssige oder gasförmige Stoffe einzuwirken versucht wird, um ein bestimmtes Ergebnis zu erzielen."

4) Das System der Produktionsfaktoren der Instandhaltung wird ausführlich im Abschnitt A des sechsten Kapitels dieser Arbeit erläutert.

Abb. 5.1: Überblick über alternative Bezugsobjekte der Instandhaltungsverfahrenswahl



toren Betriebsmittel, Arbeit, Werkstoffe und Dienstleistungen zu betrieblichen Leistungseinheiten zusammengefügt werden"[5], so ist etwa auch die Wahl zwischen der Instandhaltung in (spezialisierten) Instandhaltungswerkstätten einerseits und der Instandhaltung an der betreffenden Anlage (vergleichbar mit der Baustellenfertigung im Fertigungsbereich) andererseits als Verfahrenswahl zu bezeichnen[6].

---

5) So KILGER, Wolfgang: Optimale Verfahrenswahl bei gegebenen Kapazitäten, in: Produktionstheorie und Produktionsplanung, Karl Hax zum 65. Geb., hrsg. von Karl MOXTER, Dieter SCHNEIDER und Waldemar WITTMANN, Köln und Opladen 1966, S. 155-19o, hier S. 16o.

6) Dies versteht auch MÄNNEL (W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 21o) als Alternativen der Wahl des Reparaturverfahrens. Vgl. ebenso bezüglich des Begriffs der Fertigungsverfahrenswahl GUTENBERG (E.: Die Produktion, S. 96-1o2), der als Verfahrensalternativen auch die Wahl zwischen unterschiedlichen Organisationstypen der Fertigung mit einbezieht; BESTE, Theodor: Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Orientiert sich der Begriff der Verfahrenswahl vornehmlich an der Art und Kombination der eingesetzten Produktionsfakoren, so ist etwa auch die Frage zu beantworten, ob die Wahl zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung ein Problem der Instandhaltungsverfahrenswahl ist. Geht man davon aus, daß die Kombination mehrerer Produktionsfaktoren der Instandhaltung grundsätzlich eine Aufgabe der Verfahrenswahl ist, und stellt man darauf ab, daß die Dienstleistung zu den Produktionsfaktoren zu zählen ist, muß auch die Fremdinstandhaltung als ein "Verfahren" eingeordnet werden. Unmittelbar deutlich wird dies bei bestimmten Ausprägungsformen der Fremdinstandhaltung, wie insbesondere dann, wenn Personal fremder Unternehmen ("Leihhandwerker") in der Instandhaltung beschäftigt sind und Instandhaltungstätigkeiten nach Anweisung der unternehmenseigenen Instandhaltung - gemeinsam mit anderen Produktionsfaktoren - übernehmen. Dies gilt grundsätzlich auch für den Fall, daß einem für einen oder mehrere Aufträge gesondert angereisten Handwerker eines fremden Unternehmens Handwerker der unternehmenseigenen Instandhaltung bzw. Material, Ersatzteile, Energien oder sonstige Produktionsfaktoren "beigestellt" werden. Nimmt man bei der begrifflichen Klärung der Verfahrenswahl in erster Linie nur Bezug auf die Art und Kombination der eingesetzten Produktionsfaktoren, so ist in strenger Auslegung auch die "reine" Fremdinstandhaltung als ein Verfahren einzustufen - in diesem Fall wird eben nur der Produktionsfaktor Dienstleistung in Anspruch genommen[7]. Auf die besondere Art und Weise der Ausführung, die Durchführungstechnik[8], hat man allerdings dann keinen Einfluß mehr,

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
Fertigungsverfahren, in Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, Band I, hrsg. von Hans SEISCHAB und Karl SCHWANTAG, 3. Aufl., Stuttgart 1956, Sp. 1764-1774, hier Sp. 177of.

7) Die Wahl zwischen der Eigenerstellung oder dem Fremdbezug von Leistungen wird demgegenüber grundsätzlich aus dem Verfahrenswahlbegriff ausgeklammert von BEA, Franz Xaver: Verfahrenswahl, in: Handwörterbuch der Produktionswirtschaft, hrsg. von Werner KERN, Stuttgart 1979, Sp. 2o93-211o, hier Sp. 2o94.

8) Auf die Durchführungstechnik (im Hinblick auf Produk-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

wenn die gesamte Planung, Ausführung und Kontrolle fremden Organen übertragen wird. Bezüglich der Auswahl einer bestimmten Durchführungstechnik ließe sich dies allenfalls als "passive" Verfahrenswahl bezeichnen. Der Übergang zu einer auch in diesem Sinne "aktiven" Verfahrenswahl wird allerdings schon dann fließend, wenn im Rahmen der Vertragsgestaltung nur bestimmte Ausführungsarten zugelassen oder diese sogar auf eine einzige beschränkt werden. Aus diesen Gründen soll die Wahl zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung als eine Aufgabe bzw. die Fremdinstandhaltung als eine Alternative der Instandhaltungsverfahrenswahl behandelt werden[9].

2. Möglichkeiten und Grenzen der Verfahrenswahl für einzelne Instandhaltungsleistungen

Welche Alternativen in Überlegungen zur Verfahrenswahl für eine einzelne Instandhaltungsleistung einzubeziehen sind, ist zunächst von der Art der betreffenden Instandhaltungsleistung abhängig. Grundsätzlich ist dabei eine Vielzahl unterschiedlicher Möglichkeiten zu berücksichtigen. Wenngleich es nicht Inhalt dieser Arbeit sein kann, im einzelnen herauszuarbeiten, welche verschiedenartigen technologischen Prinzipien als Verfahrensalternativen zur Anwendung kommen können, so bilden diese doch die Basis für die Ableitung betriebswirtschaftlich relevanter Verfahrensmerkmale. Für eine solche Analyse reichen allerdings in der betriebswirtschaftlich orientierten Literatur häufig allein herausgestellte oder doch stark im Vordergrund stehende Wahlmöglichkeiten

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
tionsverfahren) stellen insbesondere SCHWEITZER, Marcell und KÜPPER, Hans-Ulrich (Produktions- und Kostentheorie der Unternehmung, Reinbek bei Hamburg 1974, S. 34-38, hier insbes. S. 34) ab: "Unter einem Produktionsverfahren versteht man die technischen Prozesse, die zur Herstellung eines Produktes aus bestimmten Einsatzgütern führen".

9) So versteht auch KILGER (W.: Optimale Verfahrenswahl bei gegebenen Kapazitäten, S. 168 und 184) Eigenerstellung und Fremdbezug als Verfahrensalternativen.

zwischen direkter und indirekter Inspektion bzw. Verschleißbeobachtung[10] sowie zwischen ausbessernder und austauschender Verschleißbeseitigung[11] nicht aus. Denn damit werden keine oder doch nur sehr begrenzte Aussagen über die für die Anwendung dieser Verfahren benötigten Produktionsfaktoren getroffen. Dazu sei die Vielfalt der technologischen Verfahren zur Verschleißbeobachtung[12], -hemmung[13] und -beseitigung[14] am Beispiel

---

10) Vgl. z. B. ERNST, F.: Bereitschaftsstrategien, S. 71; SCHEER, A.-W.: Instandhaltungspolitik, S. 33.

11) Vgl. etwa BETTER, Herbert Waldemar: Kunden ohne Kundendienst. Die Zukunft: Austausch von Teilen statt Reparatur, in: Der Volkswirt, 17. Jg. (1963), S. 3o1f.; ABBOT, W. R.: Repair versus replacement of failed components, in: Journal of Industrial Engineering, Vol. 19 (1968), S. 21-27; QUEISSER, R.: Reparieren oder austauschen - das ist die Frage, die leidigen Ersatzteilpreise, in: Das Nutzfahrzeug, 2o. Jg. (1968), Heft 9, S. 456-459.

12) Vgl. zu einzelnen Verfahren z. B. EICHLER, Christian: Instandhaltungstechnik, Berlin 1977, S. 72-91 und S. 3o3-3o5; HOFFMANN, K.: Abnutzung, S. 55-59; WEBER, Helmut: Untersuchung der Abnutzung feuerfester Auskleidungen metallurgischer Öfen mit Hilfe radioaktiver Isotope, in: Stahl und Eisen, 77. Jg. (1975), Heft 5, S. 29of.; FLEISCHER, G.: Energetische Methode zur Bestimmung des Verschleißes, in: Schmierungstechnik, 4. Jg. (1973), Heft 9, S. 269-274.
Vgl. auch die Beiträge zur Fachtagung Instandhaltung '78, - Inspektion, Wiesbaden, 17. und 18. 1o. 1978, hrsg. vom DEUTSCHEN KOMITEE INSTANDHALTUNG, o. O., o. J. (1978) und hier insbesondere PAUER, W.: Condition Monitoring im Schiffsbetrieb, S. IV/1-26; SCHLEPER, B.: Getriebeuntersuchung mit Hilfe von Endoskopen, S. V/1-8; STÜLPNAGEL, C.: Einsatz von Endoskopen bei Triebwerksinspektionen, S. VI/1-12; BARSCHDORFF, D.: Akustische Überwachung von Betriebsdampfturbinen, S. VII/1-14; SCHWALBE, H.-J.: Schallemissionsmessung an Gleitlagern zur Schadensfrüherkennung, S. VIII/1-8; KLUMP, H.: Schwingungsüberwachung und Maschinendiagnose, S. IX/1-1o; STEINHOFF, D.: Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung zur Schadensfeststellung an Wärmetauschern, S. XII/1-18; SCHMITZ, R.: Gaschromatische Untersuchungen von Transformatorenöl, S. XIV/1-12; FUCHS, H.: Kontinuierliche Überwachung von Förderseilen in Steinkohlenbergwerken, S. XVI/1-8.

13) BOLLMANN, Werner: Die planmäßige Maschinenwartung als Bestandteil der planmäßig vorbeugenden Instandhaltungsmaßnahmen, in: Der Industriebetrieb, 6. Jg. (1958), Heft 9, S. 429-431; KUNOWSKI, F.: Zur schmiertechnischen Pflege der Werkzeugmaschinen, in: ZwF,

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

der Reinigung aufgezeigt; die Abb. 5.2[15] enthält einen Überblick über eine Reihe von Reinigungsverfahren. An diesem Beispiel zeigt sich sehr deutlich, daß alternative Verfahren aufgrund der benötigten Anlagen oder Werkzeuge, der Stoffe und Verfahrensbedingungen (etwa Temperaturen, Konzentrationen) - die in diesem Fall wiederum durch Art, Menge, Dauer des Einsatzes und Kombination verschiedener Betriebsstoffe der Instandhaltungsanlagen entstehen (die aber auch etwa in Form unterschiedlicher "Umweltbedingungen" auftreten können) - voneinander abweichen.

Verallgemeinernd lassen sich die Möglichkeiten der Verfahrenswahl somit darstellen als Wahl zwischen dem Einsatz eines oder mehrerer Potentialfaktoren, der Auswahl eines von mehreren Potentialfaktoren, der Wahl zwischen verschiedenen Instandhaltungsmaterialien und der Wahl zwischen unterschiedlichen Verfahrensbedingungen bzw.

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
54. Jg. (1959), Heft 5, S. 145-151; RÄDEKER, W.: Korrosionsschutz von Stahl durch Verzinken, in: Industrieanzeiger, Jg. 1961, S. 1851-1854; WIEDERHOLT, W.: Grundlagen des Korrosionsschutzes, in: Industrie-Anzeiger, Jg. 1961, S. 1841-1848; UMBRECHT, Hans: Staubschutz für Maschinen, in: Der Industriemeister, 12. Jg. (1963), S. 92f.; FICHTNER, Jürgen: Reinigen gegen Rost - Fortschritt beim Korrosionsschutz für Fittings durch Einsatz einer Waschmaschine, in: Instandhaltung, Jg. 1975, Heft 1, S. 12-15; GEBAUER, Georg: Tribotechnik im Instandhaltungsbereich, in: Industrielle Organisation, 44. Jg. (1975), Heft 5, S. 227-231; EICHLER, C.: Instandhaltungstechnik, S. 2o1-219; MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 247-251; WARLICH, R. - GEBAUER, G. - HENNINGSMEYER, G.: Tribotechnische Überwachungssysteme im Rahmen einer geplanten Instandhaltung, in: Schmiertechnik und Tribologie, 2o. Jg. (1973), Nr. 4, S. 99-1o5.

14) Vgl. EICHLER, C.: Instandhaltungstechnik, S. 343-389; ANDERS, Walter: Wirtschaftliche Instandsetzung und Instandhaltung von Maschinen und Maschinenteilen durch neuzeitliche Schweißverfahren, in: Das Industrieblatt, 61. Jg. (1961), Heft 6, S. 38o-388; BUART, Fritz: Die Wahl des geeigneten Schweißverfahrens bei Instandsetzungen, in: Technische Mitteilungen, 58. Jg. (1965), Heft 9, S. 519-525; o. V.: Instandsetzungsmethoden, in: Krafthand, 36. Jg. (1963), S. 533-535.

15) Die Abb. ist ein Auszug einer entsprechenden Abbil-
Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Abb. 5.2: Überblick über alternative Reinigungsverfahren

Verfahrensart	Reinigungsmittel	Anlage	Anwendungsbereich
Alkalische Verfahren	Ätznatron	Abkochanlagen Spritzanlagen Dampfstrahlanlagen	Lacke, Farbanstriche, Entfettung
	Phosphate	Spritzanlagen	Lack, Entfettung
Lösungsmittelverfahren	Benzin, Petroleum, Benzol usw.	Spritzanlagen oder Tauchanlagen	Entfettung
	Trichloräthylen Perchloräthylen	Tauchanlagen Dampfanlagen	Fette, Öle, Harze, Wachs, Teer, Paraffin
Emulsionsverfahren	Petroleum Spindelöle Solventnaphta	Spritzanlagen oder Tauchanlagen	Entfettung
Elektrolytische Entfettung	Alkalihydroxide Alkalisilikate Phosphate	Tauchanlagen	Entfettung
Metallreinigung mit sauren Mitteln	Alkohole, Ester, emulgierte Fettlöser; Phosphorsäure mit Sparbeizzusätzen	Wisch- oder Streichanlagen Tauchanlagen Spritzanlagen	Entfettung Entrostung Passivierung
	Schwefelsäure	Tauchanlagen	Rost, Kesselstein, Zunder
	Salzsäure	Tauchanlagen	Entfettung
	Phosphorsäure	Tauchanlagen	Entfettung
	konzentrierte Salpeter- und Flußsäure	Tauchanlagen	dünne Fett- und Ölschichten
Ultraschallreinigung	alkalische Lösungen; organische Lösungsmittel; Emulsionsreiniger	Tauchanlagen	Ölkohle, Kesselstein, Zunder, Lack, Rost, Fett
Kolone-E-Verfahren	Alkalische Kolone-E-Salze	Tauchanlagen	Zunder, Ölkohle
Taiton-Verfahren	Natriumhydroxid-Schmelze	Tauchanlagen	Oxide, Fette, Öle
Kolone-15-Verfahren	Kolone-15-Salze	Tauchanlagen	Einbrennlacke, Öle, Fette, Ruß, Graphit, Sand
Du-Pont-Verfahren	Ätznatrium und Natriumhydrid	Tauchanlagen	Oxide, Fette, Öle, Lacke
Virgo-Verfahren	Natriumnitrat; Kaliumpermanganat	Tauchanlagen	Oxide, Fette, Graphit, Staub, Sand
Bullard-Dunn-Verfahren	Saure Lösung	Tauchanlagen	Rost, Ölkohle, dünne Fettschichten
Entfetten durch Abbrennen	-	-	Öle, Fette, Lacke

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
duch bei EICHLER, C.: Instandhaltungstechnik, S. 296-299.

der zu deren Erzeugung benötigten Produktionsfaktoren[16].

Diese zunächst für eine bestimmte Maßnahmenart grundsätzlich in die Verfahrenswahlüberlegungen einzubeziehenden Alternativen sind in einem zweiten Schritt auf ihre Anwendungsmöglichkeit im konkreten Einzelfall zu überprüfen. Hierbei kann eine erste Auslese in Abhängigkeit von dem instandzuhaltenden Anlagegegenstand (Instandhaltungsobjekt) getroffen werden. Dessen Merkmale, wie etwa seine Art, Struktur, Oberflächengestaltung, stoffliche Beschaffenheit, "Mobilität" und ähnliche, können die Palette der Verfahren einengen[17]. Dies kann z. B. darauf zurückzuführen sein, daß für elektronische Teile völlig andere Verfahren zum Einsatz kommen müssen als für mechanische. So sind etwa für die Feststellung des Verschleißes elektronischer Teile ganz andere Meßgrößen und -verfahren (elektrische Widerstände, Frequenzen, Spannungen und deren Veränderungen) relevant als bei mechanischen (z. B. Längen-, Volumina-, Massen- und planimetrische Messungen, Durchstrahlungsverfahren, Ultraschallverfahren). Hohe qualitative Anforderungen an das Verfahren - etwa wegen der Art, des Wertes und/oder der Bedeutung der Funktion des Objektes für die Anlage können zu einem weiteren Ausschluß führen[18]. Schließlich

---

16) Vgl. ähnlich MÄNNEL (W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 209), der darüber hinaus explizit auch die Wahl zwischen verschiedenen Organisationsformen (Werkstatt - vor Ort) der Instandhaltung und die Wahl zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung als weitere Erscheinungsformen der Verfahrenswahl aufführt.

17) "Die unterschiedliche Ausgestaltung der spezifischen Instandhaltungsaktivitäten ist nach der technologischen Beschaffenheit des jeweiligen Instandhaltungsobjektes auszurichten." So HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 268.

18) In diesem Zusammenhang ist etwa daran zu denken, von den Methoden zur Feststellung des Verschleißniveaus solche auszuschließen, die zu sogenannten Fehlern erster Art führen können. Solche Fehler bedeuten, daß der Zustand des Instandhaltungsobjektes als besser eingestuft wird als er in Wirklichkeit ist. Demgegenüber führen sogenannte Fehler zweiter Art dazu, daß der Verschleiß in Wirklichkeit noch nicht so weit wie angenommen fortgeschritten ist. Hierbei sind Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

spielen auch das Alter bzw. die Art des Verschleißes und das erreichte Verschleißniveau des betreffenden Instandhaltungsobjektes oft eine Rolle, weil z. B. die Verschmutzung so stark ist, daß "einfache" Reinigungsverfahren nicht mehr angewendet werden können oder weil bei Demontagen besonders vorsichtig vorgegangen werden muß, um das Instandhaltungsobjekt selbst sowie die Löse-werkzeuge und -maschinen nicht zu beschädigen, denn gerade das Lösen "festgefressener" Teile erfordert vielfach höhere Momente als bei freigängigen Teilen. Die "Mobilität" des Instandhaltungsobjektes ist deswegen von Bedeutung, weil hiervon häufig wesentlich der Ort der Durchführung mitbestimmt wird (etwa bei Rohrleitungen und Gleisanlagen). Wichtig ist dies insbesondere deshalb, weil in einer (zentralen) Instandhaltungswerkstatt zumeist geeignetere Verfahren zur Verfügung stehen als bei der Ausführung am Ort des Objektes, wie dies etwa auf Anlagen im Bergbauunternehmen zutrifft, die unter Tage eingesetzt sind. In anderen Fällen scheiden etwa Schweißverfahren wegen der stofflichen Beschaffenheit des Instandhaltungsobjektes selbst oder aber - bei dem Wiedereinbau des Anlagegegenstandes - der das Teil umgebenden anderen Anlagegegenstände aus.

Neben den an die potentiell einsetzbaren Verfahren zu stellenden Anforderungen, die aus der Art und Zielsetzung der Maßnahmen einerseits sowie den jeweiligen Instandhaltungsobjekten andererseits resultieren, beeinflussen vor allem auch Vorschriften und Sicherheitsbedürfnisse die Verfahrenswahl. Insbesondere sind Auflagen des Staates, der Unfallversicherer (z. B. Berufsgenossenschaften), der Anlagenversicherer, der Überwachungsbehörden (z. B. TÜV), der Verbände (z. B. VDE) und der Gewerkschaften zu beachten. Letztere bestehen beispielsweise darauf, Maßnahmen an elektrischen Geräten oder Bauteilen

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
Fehler erster Art oft erheblich bedeutsamer, weil sie vor allem einen nicht erwarteten Ausfall auslösen können. Vgl. hierzu z. B. UHLMANN, W.: Statistische Qualitätskontrolle, Stuttgart 1966, S. 71.

durch elektrotechnisch ausgebildete Facharbeiter ausführen zu lassen[19]. Sicherheitserfordernisse sind bei der Verfahrenswahl sowohl bezüglich des Personals sowie der vorhandenen Anlagen und Stoffe als auch bezüglich der Umwelt des Unternehmens (z. B. bei Instandhaltungsmaßnahmen in Kernkraftwerken[20]) zu berücksichtigen. Dies kann dazu führen, daß die Eigeninstandhaltung sogar völlig aus den Verfahrenswahlüberlegungen auszuschliessen ist, weil etwa Garantiebestimmungen seitens der Anlagenhersteller bzw. die Gestaltung von Leasingverträgen dies verbieten oder weil mit der Eigeninstandhaltung gegen Vorschriften des Arbeits- und Gewerberechts bzw. andere gesetzliche Bestimmungen oder auch gegen Patentrechte bzw. sonstige Rechte Dritter verstoßen würde[21]. Andererseits kann manchmal auch bereits in dieser Phase der Verfahrenswahl die Inanspruchnahme von Fremdleistungen als Alternative ausscheiden. Nicht in jedem Fall kann man nämlich davon ausgehen, daß überhaupt entsprechende fremde Instandhaltungsbetriebe die betreffenden Instandhaltungsleistungen ausführen können[22]. Man denke etwa daran, daß die Hersteller vor allem langlebiger Anlagen nicht mehr existieren[23].

Weiterhin können die Möglichkeiten der Verfahrenswahl durch Anforderungen aufgrund der Festlegung der Instandhaltungspolitik beeinflußt werden. So erfordert etwa vielfach die Durchführung von Instandhaltungsleistungen in ohnehin anfallenden Produktionsunterbrechungen be-

---

19) Vgl. so auch GROTHUS, H.: Die Total Vorbeugende Instandhaltung, S. 122.
20) Vgl. STURM, A. - FÖRSTER, R.: Technische Diagnostik - Anlagenüberwachung zur Erhöhung von Sicherheit und Verfügbarkeit im Kernkraftwerk, in: Kernenergie, 20. Jg. (1977), Nr. 8, S. 233-238.
21) Vgl. so auch MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 211 und die dort angegebene Literatur; SCHILLING, H.: Planmäßige Anlagenpflege, S. 38.
22) Vgl. WARDENBERG, J.: Das Problem der Wirtschaftlichkeitsrechnung bei der Entscheidung zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug, in: KRP, Jg. 1967, Heft 1, S. 5-15, hier S. 5.
23) Vgl. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 211.

sonders schnelle Instandhaltungsverfahren[24]. Dabei ist allerdings zu bedenken, daß gerade bei einer beschleunigten Ausführung der Instandhaltungsarbeiten vielfach deren Qualität gemindert wird[25].

Ein Einfluß auf das Instandhaltungsverfahren durch die Festlegung der Instandhaltungspolitik ist auch insofern festzustellen, als der Grad der Sicherheit über Art und Zeitpunkt der Instandhaltungsleistungen die Verfahrensmöglichkeit begrenzen, aber auch erweitern kann. Einschränkend auf die Verfahrenswahl wirkt dabei vor allem eine vergleichsweise erhebliche Unsicherheit bezüglich Art und Zeitpunkt der Leistungen. Insbesondere dann, wenn an gut ausgelasteten Produktionsanlagen ausfallschadensbedingt Instandhaltungsleistungen notwendig werden, kann dies (vor allem infolge langer Wegezeiten) zum Ausschluß der Fremdinstandhaltung führen.

---

24) Methoden zur Verkürzung der Dauer der Arbeiten werden in der Literatur auch als Schnellinstandhaltungsverfahren bezeichnet; vgl. so etwa KÖRNER, F.: Schnellreparaturmethode bei der Deutschen Reichsbahn, Berlin 1955; HARTMANN, Egon: Die planmäßige Einführung der Schnellreparaturmethode, in: Der Industriebetrieb, 4. Jg. (1956), Heft 5, S. 163f. (I) und Heft 6, S. 229-231 (II); GÖTZFRIED, Franz: Planmäßig durchgeführte Schnellinstandsetzung in einem Großbetrieb der mechanischen Fertigung, in: Industrie-Anzeiger, 84. Jg. (1962), Heft 49, S. 1131-1134; NEUMANN, Günther: Methode zur Verkürzung der Sucharbeit bei elektrischen Instandsetzungsarbeiten, in: Geplante Schnell-Instandsetzung und vorbeugende Instandhaltung für Bergbau-, Eisenhütten- und ähnlich gelagerte Industrien, hrsg. vom Haus der Technik e. V., Essen 1964, Vortragsveröffentlichung, Heft 11, S. 46-59; SCHWINN, Rolf: Die Bestimmung der optimalen Geschwindigkeit bei der Durchführung von Instandhaltungsarbeiten, in: ZfB, 46. Jg. (1976), S. 627-646; BAUKLOH, Rolf - PENNEKAMP, Werner: Schnellprüfmethoden, in: Der Maschinenmarkt, 71. Jg. (1965), Heft 87, S. 29-31; o. V.: Paste für Schnellreparaturen, in: Betriebstechnik, Jg. 1972, Heft 3, S. 54.

25) Diesbezüglich vertritt MERTENS (P.: Auswahl einer Instandhaltungsstrategie, S. 299) die Ansicht, daß bei Reparaturen unter Zeitdruck oft Fehler gemacht werden und stützt sich mit dieser Meinung auf Untersuchungen von BARLOW, (Richard E.) und PROSCHAN (Frank: Mathematical Theory of Reliability, New York 1967).

Aber auch die Zahl der Alternativen der Eigeninstandhaltung kann in solchen Fällen reduziert werden, weil die Verfahren nicht zur Anwendung kommen können, die eine längere Vorbereitung erfordern, deren spezieller Vorbereitungsgrad[26] somit also vergleichsweise niedrig ist. Da dieser wegen der Vielzahl unterschiedlicher Instandhaltungsleistungen,-objekte und -verfahren vor allem bei (allein) ausfallschadenbedingter Instandhaltung kaum angehoben werden kann, wird die Technologie der Instandhaltung auch mit jener der Einzelfertigung[27] identifiziert[28]. Demgegenüber erlaubt eine geplante Instandhaltung und hier insbesondere die Festlegung streng (kalender- bzw. betriebszeit-)periodischer Instandhaltungspolitiken, aber oft auch inspektionsorientierter Instandhaltungspolitiken einen höheren speziellen Vorbereitungsgrad und damit die Einbeziehung aller grundsätzlich einsetzbaren Verfahren in die Verfahrenswahlüberlegungen.

Andererseits lassen sich die eher begrenzten Verfahrenswahlmöglichkeiten für ungeplante, kurzfristige, in der Regel sehr unterschiedliche[29] Instandhaltungsleistungen dadurch erweitern, daß man diese nicht jeweils als eine Einheit betrachtet, für die eine Verfahrenswahl vorzunehmen ist, sondern weiter in Teilleistungen zerlegt. Auf diese Weise entstehen homogenere Auftrags-

---

26) Vgl. zum Begriff des Vorbereitungsgrades vor allem ELLINGER, T.: Industrielle Einzelfertigung und Vorbereitungsgrad, S. 481-498.

27) Vgl. zum Begriff der Einzelfertigung z. B. ELLINGER, Theodor: Ablaufplanung, Stuttgart 1959, insbes. S. 68-75; DERS.: Industrielle Einzelfertigung und Vorbereitungsgrad, hier S. 486 und die dort angegebene Literatur; SCHÄFER, E.: Der Industriebetrieb, S. 59-79 und S. 96-116.

28) Vgl. so TAKATS, L.: Probleme der Instandhaltung und Reparatur von Maschinen und Anlagen, in: Die Technik, 28. Jg. (1973), Heft 6, S. 394-398, hier S. 394.

29) Vgl. so auch ERDMANN, W.: Möglichkeiten und Grenzen der Zeitvorgabe bei Instandhaltungsarbeiten, in: REFA-Nachrichten, 22. Jg. (1969), Heft 5, S. 3o9-318, hier S. 311; GROTHUS (Horst: Arbeitsvorbereitung von Reparaturen, Dorsten 1972, S. 8/4) gibt die Zahl der Wiederholungsaufträge (gleichartige Aufträge) in der Instandhaltung mit etwa 1o Prozent an.

elemente[30], für die ein höherer spezieller Vorbereitungsgrad erreichbar wird. Hinzu kommt, daß dann die Auswahl des optimalen Verfahrens für diese Auftragselemente einmalig vorgenommen werden kann und jeweils nur dann zu überprüfen ist, wenn sich der Datenkranz aus periodenbezogenen Verfahrenswahlentscheidungen ändert, wenn Engpässe bei den jeweils bestmöglichen Verfahren auftreten und andere nicht laufend zu berücksichtigende Einflüsse wirksam werden. Als Voraussetzung für das Erreichen der aus einem auf diese Wiese erzielbaren höheren speziellen Vorbereitungsgrad resultierenden wirtschaftlichen Vorteile, muß man folglich zunächst die einzelnen Elemente einer Instandhaltungsleistung kennen. Eine mögliche Einteilung hierzu enthält - unter Berücksichtigung verschiedener Organisationsformen der Leistungsausführung - die Abb. 5.3. Die in dieser Abbildung zusammengestellten Elemente eines Instandhaltungsauftrages müssen allerdings nicht alle und nicht immer in der dort beschriebenen Reihenfolge zur Durchführung kommen, sondern können etwa zum Teil auch gleichzeitig ausgeführt werden. Bei indirekten Verfahren zur Verschleißermittlung oder bei austauschenden Reparaturen werden einige oder manchmal sogar die überwiegende Zahl der in Abb. 5.3 aufgeführten Elemente eines Instandhaltungsauftrages gar nicht ausgeführt. So entfallen bei indirekten Maßnahmen der Verschleißfeststellung vielfach sogar alle Elemente mit Ausnahme des An- und Abtransports der Produktionsfaktoren. Die Wahl solcher Verfahren hat somit unmittelbaren Einfluß auf die Zahl der Teilphasen der Auftragsdurchführung und beeinflußt folglich die auf sie bezogenen Verfahrensüberlegungen. Vor einer Entscheidung zwischen

---

30) Dieselbe Ansicht vertreten WILLE, F.: Wege zur Senkung der Instandhaltungskosten, S. 45; GOEBEL, J. K.: Wesenszüge der Anlagen-Unterhaltung, S. 474; PRÜSS, Dieter - RENKES, Dieter - STEINHAUSER, Hugo - SIMON, Hans (Der Instandhaltungs- und Reparaturbetrieb im Hüttenwerk, in: Stahl und Eisen, 84. Jg. (1964), Nr. 17, S. 1075-1081, hier S. 1078) geben dabei sogar an, daß einer Untersuchung zufolge 80 % aller Arbeiten eines Erhaltungsbetriebes Routinearbeiten sind, "...die am selben Ort und in gleicher Weise wiederkehren ...".

Abb. 5.3: Oberblick über wichtige Elemente (Phasen) der Durchführung eines Instandhaltungsauftrages

lfd. Nr.	(Teil-)Phasen der Durchführung eines Instandhaltungsauftrages					
1	Transport von Produktionsfaktoren zur betreffenden Anlage					
2	Stillsetzen der Anlage					
3	Demontage der Anlage					
4	Ausbau des instandzuhaltenden Objektes					
5	Instandhaltung an der Anlage		Instandhaltung in der Werkstatt		Instandhaltung in fremden Betrieben	
			a	Transport des Instandhaltungsobjektes zur Werkstatt	a	Transport des Instandhaltungsobjektes zum Versand
			b	Annahme durch die Werkstatt	b	Verpackung
	a	Zerlegung	c	Zerlegung	c	Versand
	b	Reinigung	d	Reinigung	d	Annahme und Kontrolle auf Vollständigkeit, Qualität, Termineinhaltung usw.
	c	Durchführung der Instandhaltungsmaßnahme i.e.S.	e	Durchführung der Instandhaltungsmaßnahme i.e.S.		
	d	Komplettierung	f	Komplettierung		
	e	Vormontage	g	Vormontage		
	f	Prüfung	h	Prüfung		
			i	Auslieferung zum Einbau - Transport zur Anlage	e	Auslieferung zum Einbau - Transport zur Anlage
6	Montage des Instandhaltungsobjektes (Einbau)					
7	Montage (Komplettierung) der Anlage					
8	Wiederanlauf					
9	Kontrolle der Instandhaltungsdurchführung, z.B. durch einen Probelauf					
10	Transport der Produktionsfaktoren zur Werkstatt bzw. zum nächsten Instandhaltungsobjekt					

beispielsweise direkten und indirekten Inspektionen müssen daher die Vor- und Nachteile unter Bezugnahme auf die bei der jeweiligen Methode auszuführenden Arbeitsgänge vollständig miteinander verglichen werden. Nicht nur für aufeinanderfolgende, sondern auch für parallel durchführbare Arbeitsgänge ist nämlich oft eine zeitliche Abstimmung oder auch eine Koordination mehrerer unterschiedlich ausgebildeter bzw. qualifizierter Handwerker (beispielsweise auch nach Berufsgruppen) erforderlich.

Für den Fall, daß für jede Teilleistung über das jeweils anzuwendende Verfahren isoliert entschieden werden kann, erweitert sich in der Regel der Dispositionsspielraum. Dies ist beispielsweise dann gegeben, wenn der Ausbau und die Zerlegung eines Anlagenteils von einem Handwerker vorgenommen werden und die Einzelelemente dann verschiedenen (dezentral organisierten) Fachbereichen zugehörigen Stellen (Handwerkern) zur sorgfältigen Einzelinspektion und gegebenenfalls Verschleißbeseitigung übergeben werden[31]. Der Vorteil dieser Vorgehensweise liegt insbesondere in der tendenziell höheren Qualität der Inspektion und somit der Zuverlässigkeit des Inspektionsergebnisses, weil hier spezialisierte Fachkräfte jeweils immer gleiche oder ähnliche Bauteile überprüfen und somit auch eine stärkere Einheitlichkeit der Beurteilung möglich ist. Demgegenüber erhöht sich dann vielfach der Zeitbedarf für die Auftragsausführung. Andererseits läßt sich durch (eine geeignete Ablaufplanung) oftmals gerade auch eine Zeitersparnis erzielen, wenn nämlich verschiedene Arbeitsgänge - wie im Beispiel die Inspektionen der Einzelteile - parallel (gleichzeitig) ausgeführt und zudem Lerneffekte erzielt werden (können).

Von der Möglichkeit, daß über die einzelnen Teilleistungen isolierte Verfahrensdispositionen getroffen werden können, darf man jedoch nicht grundsätzlich ausgehen. So kann nämlich die Wahl eines bestimmten Verfahrens für ein Auftragselement die Wahlmöglichkeiten für das (oder mehrere) vorhergehende bzw. nachfolgende beeinflussen. Dann kann über die Verfahren für diese Auftragselemente nur gemeinsam entschieden werden. In manchen Fällen kann die Verfahrenswahl sogar nur für einen Instandhaltungsauftrag insgesamt vorgenommen werden. Dies ist etwa dann gegeben, wenn ein (Universal-) Handwerker sich mit der betreffenden Anlage (evtl. sogar als einziger) besonders gut auskennt, ansonsten der Auftrag von mehreren Handwerkern (Spezialisten) unter-

---

31) Vgl. so auch EICHLER, C.: Instandhaltungstechnik, S. 3o5-3o7.

schiedlicher beruflicher Ausbildung und Qualifikation ausgeführt werden müßte[32].

Die Planung des Verfahrens für eine einzelne Instandhaltungsleistung ist außer von den bisher aufgezeigten Möglichkeiten und Grenzen nun vor allem auch davon abhängig, welche Produktionsfaktoren benötigt werden und ob diese in der Planperiode in der richtigen Art, Qualität und Menge sowie rechtzeitig zur Verfügung stehen. Konkret sind etwa folgende Fragen zu beantworten:

- Besitzt das vorhandene Personal die erforderlichen (Spezial-)Kenntnisse und Erfahrungen, bestimmte Verfahren anzuwenden?

- Stehen die notwendigen Maschinen und (Spezial-)Werkzeuge bereit bzw. sind diese kurzfristig - beispielsweise im Wege des Leasing - bereitstellbar?

- Sind Material und Ersatzteile im Lager vorhanden oder können diese rechtzeitg beschafft bzw. selbst hergestellt werden?

- Sind fremde Unternehmen kurzfristig in der Lage, die betreffenden Leistungen zu erbringen?

- Ist der Bedarf an finanziellen Mitteln mit den verfügbaren Mitteln zu befriedigen?

Im Hinblick auf die Fremdinstandhaltung sollte man vor allem auch wissen, welche Alternativen hier zur Verfügung stehen. Besondere Bedeutung als Anbieter von Fremd-

---

32) MERTENS (P.: Die gegenwärtige Situation, S. 833) geht davon aus, daß (zunächst bis 1967) in der Industrie vorwiegend Universalarbeiter in den Instandhaltungsabteilungen anzutreffen sind und stützt sich dabei auf Feldstudien, die von HAMMES (A.: Aufbau- und Ablauforganisation von Reparatur- und Wartungsarbeiten in Industriebetrieben, Dipl.-Arbeit TH München 1967) durchgeführt wurden.

leistungen erlangen in der Regel die Hersteller der Anlagen und entsprechend spezialisierte fremde Instandhaltungsbetriebe[33]. Dabei können die Hersteller entweder direkt als Anbieter auftreten oder aber indirekt sowohl über ein Service- bzw. Kundendienstnetz[34] als auch über Importeure der betreffenden Anlagen und deren Servicenetz. Drittfirmen können entweder (über den Abschluß von Werkverträgen) Instandhaltungsleistungen anbieten oder beispielsweise nur das entsprechende Personal ("Leihhandwerker") zur Verfügung stellen[35]. Als weitere Alternative sind Leasinggeber zu nennen[36], die sämtliche oder nur einen Teil der Instandhaltungsleistungen erbringen. Schließlich darf nicht unerwähnt bleiben, daß Instandhaltungsleistungen auch von Behörden und ähnlichen Einrichtungen wie etwa technischen Überwachungsvereinen oder Sachverständigen aufgrund gesetzlicher Bestimmungen ausgeführt werden (müssen)[37]. Insbesondere die beiden zuletzt genannten Alternativen stellen allerdings häufig keine echte Wahlmöglichkeit dar, sondern sind durch die Art der Bereitstellung der Anlage (Leasing) oder durch entsprechende Vorschriften festgelegt.

Muß man davon ausgehen, daß im Planungszeitraum insbesondere nur die vorhandenen Potentialfaktoren, teilwei-

---

32) Vgl. z. B. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 216; KRAMPE, Willi: Der betriebsrechnische Dienst, in: Das Krankenhaus, 66. Jg. (1974), Heft 5, S. 18o-185, hier S. 185; MUSIL, E. P.: Instandhaltungspolitik, S. 163.

34) Vgl. MUSIL, E. P.: Instandhaltungspolitik, S. 163; GERLAND, A.: Die Instandhaltung des Produktionsapparates, in: Leistungswirtschaft, Festschrift für Fritz Schmidt zum 6o. Geb., hrsg. von F. HENZEL, Berlin-Wien 1942, S. 129-14o, hier S. 132.

35) Vgl. so FALLER, S.: Bereitstellung von Instandhaltungspersonal, S. 276.

36) Vgl. GERLAND, A.: Instandhaltung des Produktionsapparates, S. 133; HAX, H.: Kauf und Miete (Leasing) von Anlagen, S. 24.

37) Vgl. z. B. GERLAND, A.: Instandhaltung des Produktionsapparates, S. 133; o. V.: Technische Überwachungsvereine - Verträgt keinen Wettbewerb, in: Wirtschaftswoche, 32. Jg. (1978), Heft 32, S. 14-22, hier S. 15.

se aber auch die vorhandenen Repetierfaktoren (wie etwa nur in längeren Zeiträumen beschaffbare Ersatzteile) zum Einsatz kommen können, resultieren möglicherweise auch aus diesem Umstand Restriktionen für die Verfahrenswahl.

Schließlich können sich Einschränkungen für die Verfahrenswahl auch daraus ergeben, daß man sich bemüht, die Zahl der einsetzbaren unterschiedlichen Produktionsfaktoren zu begrenzen. Einen wichtigen Ansatzpunkt hierzu bietet die Vereinheitlichung und Typenbeschränkung der zahlreichen Materialien und Stoffe der Instandhaltung, indem man diese nach bestimmten Kriterien (bei Fetten etwa nach der Walkpenetration, dem Tropfpunkt und der Betriebstemperatur) ordnet und so die Typenvielfalt des Sortiments beschränkt[38]. Schließlich sollte man langfristig insbesondere durch Kooperation mit den Anlagenherstellern und kurzfristig durch eine entsprechend weitgehende Unterteilung der (Produktions-) Anlagen dafür Sorge tragen, daß die Bauelemente dieser Anlagen, die Instandhaltungsobjekte selbst, vereinheitlicht werden, wie dies bei elektronischen Geräten schon heute sehr weitgehend durch das Baukastensystem[39] von (Steck-)Modulen erreicht ist. Werden diese Möglichkeiten als Grundlagen der Verfahrenshomogenisierung genutzt, kann es sich in besonderem Maße aufgrund des homogeneren Bedarfs als zweckmäßig erweisen, Instandhaltungsobjekte an der Anlage selbst nur aus- und einzubauen und die eigentliche Instandhaltung (Inspektion, Verschleißhemmung oder Reparatur) in einer zentralen oder nach Berufsgruppen bzw. Funktionen dezentral organisierten Werkstätten mittels geeigneter und entsprechend häufig anzuwendender Verfahren ausführen zu lassen[40].

---

38) Vgl. dazu etwa GROTHUS, H.: Die Total Vorbeugende Instandhaltung, S. 85-90; vgl. zur Normung auch ELLINGER, Th.: Industrielle Einzelfertigung und Vorbereitungsgrad, S. 489 und die dort angegebene Literatur.

39) Vgl. zum Baukastensystem auch RIEBEL, Paul: Elastizität des Betriebes, insbes. S. 54-58.
Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

3. Wirtschaftlichkeitsvergleiche zur Fundierung von Verfahrenswahlentscheidungen für einzelne Instandhaltungsleistungen

Sofern nach Prüfung der Voraussetzungen und Erfassung der an die Verfahren zu stellenden Anforderungen mehrere Möglichkeiten für die Durchführung der Instandhaltungs(teil-)leistungen zur Anwendung kommen können, sind diese Alternativen miteinander zu vergleichen. Die hierzu notwendige Bewertung gelingt dann relativ leicht, wenn sich die verschiedenen Verfahren nur hinsichtlich eines Merkmals, wie beispielsweise hinsichtlich der Kosten, unterscheiden, wenngleich auch dann sehr sorgfältig nach der Fristigkeit der Betrachtung, der jeweiligen Beschäftigungssituation und anderen Kriterien zu differenzieren ist. Häufiger wird man bei der Lösung dieses Wahlproblems jedoch damit konfrontiert, daß sich die Alternativen nicht nur hinsichtlich eines sondern in Bezug auf mehrere Merkmale unterscheiden[41]. Dann muß man zunächst - in einem der eigentlichen Wirtschaftlichkeitsrechnung vorgelagerten Schritt - die zwischen ihnen bestehenden Unterschiede erfassen[42]. Das ist Gegenstand des folgenden Abschnittes, wobei die Reihenfolge, in der solche potentiellen Unterschiede behandelt werden, nicht deren Bedeutung zum Ausdruck bringen soll, weil diese durchaus sehr stark variieren kann.

a) Unterschiede zwischen den Instandhaltungsverfahren

aa) Unterschiede zwischen den verschiedenen Verfahren der Eigeninstandhaltung

Kostenmäßige Unterschiede zwischen einzelnen Instandhaltungsverfahren resultieren letztlich immer aus einem un-

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
40) Vgl. ähnlich auch RENKES, D.: Organisation und Planung der Instandhaltung, S. 1231; GOEBEL, J. K.: Wesenszüge der Anlagen-Unterhaltung, S. 476f.
Fortsetzung der Fußnoten auf der Folgeseite.

terschiedlichen Produktionsfaktoreinsatz. Dieser kann allerdings auf eine Reihe verschiedener, verfahrensbedingter Ursachen zurückzuführen sein. Besonders deutlich heben sich dabei ausbessernde und austauschende Verschleißbeseitigungsmaßnahmen im Faktoreinsatz voneinander ab. Diese beiden Verfahrensalternativen unterscheiden sich wesentlich in der Art der einzusetzenden Produktionsfaktoren und hier insbesondere bezüglich der benötigten Repetierfaktoren. Während die austauschende Verschleißbeseitigung vor allem entsprechende Ersatzteilkosten verursacht, nehmen Ausbesserungsmaßnahmen in erster Linie die personelle und maschinelle Betriebsbereitschaft in Anspruch[43]. Die einzusetzenden Potentialfaktoren können etwa deshalb bei beiden Verfahren voneinander abweichen, weil Ausbesserungsarbeiten vielfach nur mit besonders qualifiziertem Personal oder entsprechenden Spezialwerkzeugen und -maschinen auszuführen sind. Zum Teil entstehen bei ausbessernder Verschleißbeseitigung zusätzlich Kosten etwa deshalb, weil die betreffenden Gegenstände vor der eigentlichen Ausbesserungsarbeit erst gereinigt werden müssen oder weil bei der Zerlegung des Anlagegegenstandes noch voll funktionsfähige Teile zerstört werden und dann zu ersetzen sind[44]. Für eine einzelne Leistung werden dabei im Fall der Unterbeschäftigung jedoch allenfalls Abweichungen in den Energie-, Rüst- und Betriebsstoffkosten der betreffenden Betriebsmittel relevant. Erst bei Vollbeschäftigung ist die unterschiedliche (Dauer der) Inanspruchnahme der Betriebsbereitschaft zu berücksichtigen.

Fortsetzung der Fußnoten von der Vorseite:

41) Vgl. so auch RIEBEL, Paul: Eigen- oder Fremdtransport, die Antwort aus betriebswirtschaftlicher Sicht, in: Schriftenreihe der Gesellschaft für Verkehrsbetriebslehre e. V., Heft 5, 1978, S. 3-56, hier S. 5.

42) Vgl. zu den Unterschieden zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug allgemein auch MÄNNEL, Wolfgang: Die Wahl zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug - Theoretische Grundlagen - Praktische Fälle, 2. Aufl., Stuttgart 1980 (insbes. das 3. Kapitel); MÄNNEL, Wolfgang: Selbermachen oder kaufen?, Erweiterte deutsche Bearbeitung des Buches "Make or buy" von Harry Gross, München 1969, insbes. S. 53-71 und 101-116.

Fortsetzung der Fußnoten auf der Folgeseite.

Kostenunterschiede können weiterhin durch voneinander abweichende Verfahrensbedingungen hervorgerufen sein, die sich zum Teil wiederum etwa in unterschiedlichen Energieverbräuchen zeigen, zum Teil aber auch zusätzliche Kosten in Form von Gefahren-, Schmutz- und ähnlichen Zulagen für das eingesetzte Personal verursachen.

Die Art des angewandten Verfahrens kann darüber hinaus dafür ursächlich sein, daß zusätzliche Kosten für Stillsetzungen, Wiederanläufe und Probeläufe der instandzuhaltenden Anlagen in Kauf zu nehmen sind - sofern für die betreffenden Verfahren Demontage- und Montagearbeiten erforderlich werden.

Schließlich kann auch die gewählte Organisationsform der Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen kostenmässige Unterschiede zur Folge haben. Diese können im einzelnen etwa auf unterschiedliche Transportwege oder die Benutzung verschiedenartiger Transportmittel für die Instandhaltungsobjekte oder das Personal bzw. die benötigten weiteren Produktionsfaktoren zurückzuführen sein.

Qualitative Unterschiede zwischen den Instandhaltungsverfahren sind vor allem daran zu messen, in welchem Umfang die Beseitigung des Verschleisses gelingt, wie wirksam insbesondere im Hinblick auf den Grad der Verzögerung des Verschleißfortschritts Verschleißhemmungsmaßnahmen sind sowie welche Sicherheit und Genauigkeit bei der Verschleißbeobachtung erreichbar ist[45)].

Bestimmt wird die verfahrensbedingte Qualität der Ausführung von Instandhaltungsleistungen von der Eignung der eingesetzten Handwerker, der in Anspruch genommenen Betriebsmittel und der benutzten Repetierfaktoren. Dar-

---

Fortsetzung der Fußnoten von der Vorseite:

43) Vgl. so auch MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 214.

44) Vgl. ähnlich EICHLER, C.: Instandhaltungstechnik, S. 292f.

45) Vgl. hierzu ausführlicher den Abschnitt A I. des vierten Kapitels dieser Arbeit.

über hinaus können qualitative Unterschiede auf den Ort der Leistungserstellung (bzw. die Organisationsform der Instandhaltungsausführung) zurückzuführen sein. Diesbezüglich ist die Durchführung von Instandhaltungsleistungen in einer Werkstatt oft allein schon wegen der besseren Arbeitsplatzbedingungen (beispielsweise Beleuchtung) der an der jeweiligen Anlage qualitativ überlegen.

Zeitliche Unterschiede können sich zunächst aus der verschiedenen Art und Anzahl der verfahrensbedingt auszuführenden Arbeitsgänge ergeben. Diese weichen erheblich voneinander ab, wenn etwa ausbessernde und austauschende Verschleißbeseitigungsmaßnahmen möglich sind. Bei Verschleißbeobachtungsleistungen mag man daran denken, ein Teil für die (direkte) Inspektion aus einer Anlage auszubauen und zu zerlegen oder aber andere Hilfsmittel, wie z. B. Endoskope zu benutzen, die eine (indirekte) Inspektion des eingebauten Teils erlauben.

Die Dauer der Durchführung eines Auftrags beschränkt sich zudem nicht immer nur auf die Zeiten für die Arbeitsgänge allein. Zusätzlich ist nämlich zu berücksichtigen, daß zwischen einzelnen Arbeitsgängen verfahrensbedingte Wartezeiten auftreten können. Beispielsweise mag dies dadurch bedingt sein, daß nach der Erstellung einer geschweißten Verbindung bis zum Anstrich noch eine bestimmte Zeit für das Abkühlen der betreffenden Teile erforderlich ist, während diese z. B. bei einer geschraubten Verbindung entfiele. Vielfach ist die Dauer eines Arbeitsganges am Instandhaltungsobjekt selbst vergleichsweise gering - wenn etwa in einer Werkstatt auf einer Spezialanlage eine Ausbesserung durchgeführt wird - während zur Anwendung dieses Verfahrens zusätzliche andere Zeiten in Kauf zu nehmen sind, wie vor allem für den Transport des Instandhaltungsobjektes und das Rüsten der Anlage in der Werkstatt. Diese Zeiten können die der eigentlichen Ausbesserung schnell übertreffen. Weiterhin hängt es auch vom Verfahren ab, ob und inwieweit einzelne Arbeitsgänge durch die gleichzeitige Inanspruch-

nahme mehrerer Potentialfaktoren parallel durchgeführt werden können, was in der Regel unmittelbare Auswirkungen auf die Dauer der Leistungsausführung hat.

Auch die Verfahrensbedingungen beeinflussen die Dauer von Instandhaltungsmaßnahmen. So sind beispielsweise bei Reinigungsarbeiten die Temperatur und die Konzentration eines Lösungsmittels, in das der zu reinigende Gegenstand zu tauchen ist, mitbestimmend für die Dauer (und die Qualität) der Reinigung.

Schließlich ist bei der Verfahrenswahl zu bedenken, daß zeitliche Unterschiede auch dann auftreten können, wenn für bestimmte Instandhaltungs(teil-)leistungen insbesondere an gleichen Instandhaltungsobjekten nicht immer das gleiche Verfahren, etwa durch den wiederholten Einsatz desselben Handwerkers, gewählt werden kann. Denn in diesem Fall muß man auf eine mögliche Verkürzung der Dauer, die durch entsprechende Lernerfolge aufgrund der Gewöhnung möglich wäre, verzichten.

Finanzwirtschaftliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Instandhaltungsverfahren werden insbesondere in Situationen der Knappheit an finanziellen Mitteln relevant. Sie können dann dazu führen, daß vor allem solche Verfahren ausgeschlossen werden, die eine Beschaffung teurer Materialien und Ersatzteile erfordern. Andererseits ermöglichen gerade solche Verfahren häufig eine vergleichsweise schnellere Ausführung der Instandhaltungsleistungen. Finanzwirtschaftlich kann sich dies besonders bei vollbeschäftigten Produktionsanlagen vorteilhaft dadurch auswirken, daß Erlöse früher als bei Anwendung anderer Verfahren eingehen bzw. daß überhaupt noch (positive) Deckungsbeiträge erzielbar sind, weil nur aufgrund der schnelleren Wiederaufnahme der Produktion die Vollbeschäftigung der Anlagen erhalten werden kann (Kunden also keine Aufträge stornieren).

bb) Vor- und Nachteile der Eigen- bzw. Fremdinstandhaltung

Vielfach sind in der Literatur Meinungen anzutreffen, wonach bezüglich einiger Kriterien entweder die Eigen- oder die Fremdinstandhaltung generell vorteilhafter erscheinen. So wird häufig die Ansicht vertreten, daß die Eigeninstandhaltung geringere Kosten verursache als die Fremdinstandhaltung[46]. Eine Reihe von Argumenten läßt diese These (zumindest bei erster Betrachtung) auch plausibel erscheinen. So seien Vertriebsgemeinkosten und Gewinne Bestandteil der Preiskalkulation fremder Unternehmen, die bei Eigeninstandhaltung entfielen[47]. Vielfach würde die Fremdleistung durch bereits vorbereitete Aufträge, kostenlose Detailzeichnungen und kostenlose Benutzung von Werksanlagen ungerechtfertigt verbilligt, was bei der Kalkulation der Kosten zugunsten der Eigeninstandhaltung zu berücksichtigen sei[48]. In manchen Unternehmen (z. B. im Maschinenbau) können bei Eigeninstandhaltung Material, Ersatzteile und Energien günstig bereitgestellt werden, weil aufgrund ihrer Verwendung in Produktion und Instandhaltung jeweils größere Mengen beschafft und so Mengenrabatte erzielt werden können[49]. Außerdem seien mit der Fremdinstandhaltung zusätzliche Verwaltungskosten verbunden[5o].

---

46) Vgl. so z. B. BREDE, Eberhard: Technische Einrichtungen im Krankenhaus, deren Wartung und Betrieb, in: Krankenhaus-Umschau, 38. Jg. (1969), Heft 4, S. 316-318, hier S. 317; GIESBERT, H.: Erfassen und Überwachen, S. 65f..

47) Vgl. HARTMANN, B.: Die Erfassung und Verrechnung innerbetrieblicher Leistungen, Wiesbaden 1956, S. 1o; GIESBERT, H.: Erfassen und Überwachen, S. 66; KÖLBEL, Herbert - SCHULZE, Joachim: Die Organisation der Instandhaltung in Chemiebetrieben, in: Erdöl und Kohle, Erdgas, Petrochemie, 17. Jg. (1964), S. 286-291, hier S. 287.

48) Vgl. so GIESBERT, H.: Erfassen und Überwachen, S. 65.

49) Vgl. ähnlich SCHILLING, H.: Planmäßige Anlagenpflege, S. 38.

5o) Vgl. so z. B. MUSIL, E. P.: Instandhaltungspolitik, S. 164; BRAUN, E.: Bemessung einer zentralen Reparaturwerkstatt, S. 72; MÜLLER-OEHRING, H. - HERZIG, Norbert: Wirtschaftlichkeitsprobleme der Instandhaltung, in: Instandhaltung - Ein Managementproblem der

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

In welchem Umfang von den Fremdfirmen über deren Leistungskosten hinaus durch die Preiskalkulation Deckungsbeiträge (Gewinne) erzielt werden sollen und können, ist gegenüber der in der Literatur vertretenen Ansicht jedoch zumindest nicht allein von der Kostenseite her, sondern vor allem von Angebot und Nachfrage nach Instandhaltungsleistungen bestimmt[51]. Auch die Meinung, daß die kostenlose Benutzung von Werkseinrichtungen durch Fremde zugunsten der Eigeninstandhaltung in die Kalkulation aufgenommen werden müsse, läßt sich in dieser Form nicht halten, da diese Kosten einzelnen Leistungen in der Regel nicht zurechenbar sind, weil sie zumindest kurzfristig von der Entscheidung für Eigen- oder Fremdinstandhaltung unabhängig anfallen. Daß mit der Fremdinstandhaltung zusätzliche Verwaltungskosten verbunden sind, wird zwar im Regelfall zu bestätigen sein, doch werden diese vielfach so gering ausfallen, daß sie den mit der Eigeninstandhaltung verbundenen Verwaltungskosten gleich oder sogar niedriger als diese sind. Auch das Argument der bei Eigeninstandhaltung zu erzielenden Mengenrabatte spricht nicht generell für die Eigeninstandhaltung. Vielmehr können gerade spezialisierte Instandhaltungsbetriebe, die vornehmlich Instandhaltungsleistungen für Unternehmen einer Branche anbieten, durch Beschaffung größerer Mengen an Teilen und spezieller Energien Kostenvorteile erzielen. Außerdem sind gerade spezialisierte Instandhaltungsbetriebe oft in der Lage, rationeller zu arbeiten[52]. Sie können in manchen Fällen niedriger bezahlte Arbeitskräfte einstellen[53], weil etwa bestimmte Arbeiten stärker rationalisiert und automatisiert und daher angelernte Kräfte anstelle von Facharbeitern eingesetzt werden können. Teilweise verfügen fremde Instandhaltungsbetriebe auch über eine weniger kapitalintensive Ausstattung und können aus diesem Grunde Instandhal-

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
Anlagenwirtschaft, Arbeitsbericht Nr. 2 des Arbeitskreises Anlagenwirtschaft der Schmalenbach-Gesellschaft, Köln 1968, S. 291-244, hier S. 229-

51) Vgl. so MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 217.

52) Vgl. so etwa MÄNNEL, Wolfgang: Eigen- oder Fremdre-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

tungsleistungen vergleichsweise kostengünstig anbieten[54]. Weiterhin ist daran zu denken, daß bei einem (vorübergehenden) Rückgang des Bedarfs an Instandhaltungsleistungen im Fall der Eigeninstandhaltung ein entsprechender Abbau von Bereitschaftskosten in der Regel nicht sofort möglich ist, da Kündigungsfristen und -termine zu beachten sind, während bei Fremdinstandhaltung außer bei langfristigen Verträgen eine unmittelbare Anpassung erreichbar ist[55]. Diese eher für die Fremdinstandhaltung sprechenden Argumente dürfen jedoch auch nicht - ins andere Extrem verfallend - dazu führen, der Fremdinstandhaltung generelle Kostenvorteile zuzusprechen[56]. Dabei wird nämlich übersehen, daß für die Kalkulation der Eigeninstandhaltungskosten vor allem situationsbedingte Besonderheiten eine Rolle spielen[57] und schon deshalb solche verallgemeinernden Aussagen nur wenig sinnvoll sein können.

Vergleicht man Eigen- und Fremdinstandhaltung unter qualitativen Gesichtspunkten, können daraus ebenfalls sowohl Vorteile für die eine als auch für die andere Alternative abgeleitet werden. So wird man davon ausgehen können, daß fremde Instandhaltungsbetriebe Präzisionsmaschinen besitzen[58], die bei Eigeninstandhaltung nicht rentabel eingesetzt werden können und daher in der Lage sind, qualitativ hochwertige Leistungen auszuführen. Ins-

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
paratur, in: Maschine und Manager, Jg. 1972, Heft 1/2, S. 32-4o, hier S. 32; DERS.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 216; FALLER, S.: Bereitstellung von Instandhaltungspersonal, S. 278.

53) Vgl. hierzu auch GERLAND, A.: Instandhaltung des Produktionsapparates, S. 131.

54) Vgl. so etwa SCHILLING, H.: Planmäßige Anlagenpflege, S. 37; GERLAND, A.: Instandhaltung des Produktionsapparates, S. 131.

55) Vgl. FALLER, S.: Bereitstellung von Instandhaltungspersonal, S. 277.

56) Vgl. so etwa SCHILLING, H.: Planmäßige Anlagenpflege, S. 37 und 38; "Selbst wenn die hohen Bereitschaftskosten der eigenen Werkstätten bei einer Vergleichskalkulation außer Ansatz bleiben, arbeiten diese (fremden, der Verf.) Unternehmen noch billiger." Vgl. auch o. V.: Nachts kommen die Wartungsspezialisten - Die Industrieinstandhaltung ist ein Wachstumsmarkt, in: FAZ vom 6. 2. 1978, Nr. 3o, S. 9.
Fortsetzung der Fußnoten auf der Folgeseite.

besondere verfügen auch die Anlagenhersteller über gut ausgebildete Fachkräfte und Spezialisten mit besonderen Kenntnissen und Erfahrungen[59], wie dies etwa insbesondere auch auf die Instandhaltung von Großrechnern zutrifft. Dem ist allerdings entgegenzuhalten, daß das unternehmenseigene Personal mit den besonderen Einsatzbedingungen der Anlagen besser vertraut ist[60] und vor allem auch im Unternehmen selbst hergestellte Anlagen besonders gut kennt[61] - z. B. schon deshalb, weil die Instandhaltung bei der Planung der Konstruktion und der Materialwahl beratend mitgewirkt hat. Vielfach ist seitens der Hersteller oder anderer Instandhaltungsbetriebe ein starkes Bemühen um eine qualitativ hochwertige Ausführung der Leistungen zur Schaffung und Aufrechterhaltung eines guten Image' für deren Absatzleistungen festzustellen. Dies gilt in der Regel auch für die Leasinggeber, die ein besonderes Interesse an sorgfältig

---

Fortsetzung der Fußnoten von der Vorseite:

57) Vgl. so MÄNNEL, W.: Eigen- oder Fremdreparatur, S. 32. Vgl. hierzu auch den Abschnitt A I. 3. b) dieses Kapitels.

58) Vgl. so etwa auch MÜLLER-OEHRING, H. - HERZIG, N.: Wirtschaftlichkeitsprobleme der Instandhaltung, S. 228; FALLER, S.: Bereitstellung von Instandhaltungspersonal, S. 277; MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 1o8.

59) Vgl. z. B. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 216; DERS.: Eigen- oder Fremdreparatur, S. 32; PAUL, Robert C.: Servicing electronic equipment, in: Hospitals Chicago, Vol. 45 (1971), No. 5, S. 1o2-1o5, hier S. 1o2; MUSIL, E. P.: Instandhaltungspolitik, S. 163; ROLF, Horst: Das Problem der optimalen Größe von Reparaturwerkstätten in Betrieben der eisenschaffenden Industrie, Diss. Köln 196o, S. 6o; FALLER, Siegfried: Aufbauorganisation der Instandhaltung-in: Instandhaltung - Ein Managementproblem der Anlagenwirtschaft, Arbeitsbericht Nr. 2 des Arbeitskreises Anlagenwirtschaft der Schmalenbach-Gesellschaft, Köln 1978, S. 63-8o, hier S. 79.

6o) Vgl. MÄNNEL, W.: Eigen- oder Fremdreparatur, S. 32; MUSIL, E. P.: Instandhaltungspolitik, S. 163; HARTMANN, B.: Die Erfassung und Verrechnung, S. 1o; BRAUN, E.: Bemessung einer zentralen Reparaturwerkstatt, S. 7o; MÜLLER-OEHRING, H. - HERZIG, N.: Wirtschaftlichkeitsprobleme der Instandhaltung, S. 228; MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 1o8; GOEBEL, J. K.: Wesenszüge der Anlagen-Unterhaltung, S. 479.

61) Vgl. so auch GERLAND, A.: Instandhaltung des Produktionsapparates, S. 131.

instandgehaltenen Anlagen haben[62]. Dieser positive Effekt spricht allerdings nicht von vornherein für die Fremdinstandhaltung, denn gerade bei der Eigeninstandhaltung zeigen die Instandhaltungshandwerker in der Regel ein größeres Verantwortungsgefühl für "ihre" Anlagen und können auch stärker motiviert werden[63]. Außerdem lassen sich die eigenen Leistungen oft besser kontrollieren. Bei einem Qualitätsvergleich ist schließlich auch zu berücksichtigen, daß die Instandhaltung von den Herstellern der Anlagen manchmal nur als "Nebenprodukt" verstanden und mit entsprechend wenig Sorgfalt ausgeführt wird[64].

Bezüglich der Dauer der Instandhaltungsarbeiten wird in der Literatur zumeist davon ausgegangen, daß einerseits zwar die unmittelbare Instandhaltungs(ausführungs-)zeit von Handwerkern fremder Betriebe vergleichsweise niedriger als bei der Eigeninstandhaltung gehalten werden könne, daß dafür aber ein größerer mittelbarer Zeitaufwand für die Anreise der Fremdhandwerker oder durch den Versand von Anlagenteilen zum Hersteller in Kauf zu nehmen sei[65]. In dieser Form gilt diese These jedoch nur eingeschränkt und zwar zumeist nur für solche Instandhaltungsleistungen, die ungeplant (und dringlich) durchgeführt werden müssen. Für die Ausführung geplanter Instandhal-

---

62) Vgl. GERLAND, A.: Instandhaltung des Produktionsapparates, S. 131.

63) Vgl. hierzu MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 108; STECH, W. - BIEN, J.: Wann lohnt sich der Einsatz von Fremdleistungen in der Instandhaltung, in: Aktuelle Probleme der Instandhaltung, S. 73-78, hier S. 73.

64) Auf Fehler bei der Fremdinstandhaltung verweist auch GOEBEL, J. K.: Wesenszüge der Anlagen-Unterhaltung, S. 479.

65) Vgl. so BRAUN, E.: Bemessung einer zentralen Reparaturwerkstatt, S. 71f.; MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 217; DERS.: Eigen- oder Fremdreparatur, S. 32; PAUL, R. C.: Servicing electronic equipment, S. 102; BRINKMANN, Michael O.: What to do when the warranty runs out, in: Modern Hospital, Jg. 1973, S. 74-77, hier S. 74; MÜLLER-OEHRING, H. - HERZIG, N.: Wirtschaftlichkeitsprobleme der Instandhaltung, S. 229; MUSIL, E. P.: Instandhaltungspolitik, S. 164; GERLAND, A.: Instandhaltung des Produktionsapparates, S. 131.

tungsleistungen zu einem bestimmten Termin können Fremdhandwerker durchaus rechtzeitig anreisen, wenn die fremden Betriebe nicht besonders gut ausgelastet sind, also deswegen keine Wartezeiten in Kauf genommen werden müssen[66].

Auch über finanzwirtschaftliche Unterschiede zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung lassen sich keine generell verbindlichen Aussagen machen. So mag zwar für die Fremdinstandhaltung sprechen, daß kein (zusätzlicher) Kapitalbedarf für die Errichtung von Lagern, die Bereitstellung von Maschinen und Werkzeugen und ähnliche Investitionserfordernisse benötigt wird. Dagegen sind jedoch vielfach die laufenden Ausgaben im Fall der Fremdinstandhaltung höher. Eigen- und Fremdinstandhaltung unterscheiden sich somit in der mengenmäßig-zeitlichen Struktur des Finanzmittelbedarfs. Auch eine Ersparnis an Ausgaben für Ersatzteile, die durch ausbessernde Reparaturen von fremden Spezialisten erzielbar wäre, könnte dadurch wieder ausgeglichen werden, daß für austauschende Eigeninstandhaltungsmaßnahmen entsprechende Teile noch auf Lager liegen und erst in Zeiten größerer Liquidität wiederbeschafft werden müssen oder dadurch, daß das Unternehmen, bei dem die betreffenden Teile erst noch beschafft werden müssen, ein längeres Zahlungsziel einräumt als der fremde Instandhaltungsbetrieb.

Eigen- und Fremdinstandhaltung unterscheiden sich meistens auch hinsichtlich ihrer Elastizität bzw. Anpassungsfähigkeit an Änderungen des Instandhaltungsbedarfs[67]. Während einerseits davon ausgegangen wird, daß eigene Instandhaltungswerkstätten wegen ihrer direkten Zugriffs-

---

66) Vgl. so MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 218.

67) Vgl. so auch LAUB, K.: Eigenleistung - Fremdleistung, eine Führungsentscheidung, in: Fachtagung Instandhaltung - Partner der Produktion, Stuttgart vom 24. bis 25. Oktober 1973, hrsg. vom DEUTSCHEN KOMITEE INSTANDHALTUNG o. O., o. J., S. 7/1-7/1o, hier S. 7/3f., MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 11o.

möglichkeit wesentlich flexibler seien[68], unterstreicht man andererseits gerade den hohen Anpassungsgrad von Fremdunternehmen an die Bedarfsdispositionen der Instandhaltung[69]. Letzteres wird insbesondere dann deutlich, wenn ein kurzfristiger sehr großer (Massen-)Arbeitsanfall zu bewältigen ist, wie dies etwa bei Stillstand kompletter Fertigungsbereiche zur gleichzeitigen Instandhaltung mehrerer Anlagen bzw. Instandhaltungsobjekte auftritt[70]. Eine entsprechende kurzfristige Anpassung der eigenen Kapazitäten ist für solche Bedarfe in der Regel kaum möglich. Bei einem nicht innerhalb so weiter Grenzen schwankenden Bedarf an Instandhaltungsleistungen und regelmäßiger Inanspruchnahme von Fremdleistungen muß man dagegen bedenken, daß an Fremdfirmen zur Aufrechterhaltung des Kontaktes oft auch dann Aufträge zu vergeben sind, wenn der Bedarf relativ gering oder die Eigeninstandhaltung - wie häufig bei annähernd gleichbleibendem Instandhaltungsbedarf - vergleichsweise kostengünstiger ist, um so auch dafür Sorge zu tragen, daß die entsprechenden Unternehmen nicht vom Markt verdrängt werden und man in Zeiten hohen Bedarfs auf diese zurückgreifen kann[71]. Andererseits gestalten diese fremden Unternehmen ihre Auftragsstruktur häufig so, daß unterschiedliche Branchen Instandhaltungsleistungen erhalten können - wie insbesodere in industriellen Ballungsgebieten[72]. Dabei kann es

---

68) So BRAUN, E.: Bemessung einer zentralen Reparaturwerkstatt, S. 72.

69) Vgl. zu dieser Meinung MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 1o9. Dies gilt jedoch (bei steigendem Bedarf) nur so lange, wie die eigenen Kapazitäten nicht voll- oder überbeschäftigt sind, während bei zurückgehendem Bedarf Anpassungsmöglichkeiten insbesondere von den zu beachtenden Abbauquanten, -fristen und Terminen abhängen.

7o) Vgl. BRAUN, E.: Bemessung einer zentralen Reparaturwerkstatt, S. 7o; GERLAND, A.: Instandhaltung des Produktionsapparates, S. 132; MÜLLER-OEHRING, H. - HERZIG, N.: Wirtschaftlichkeitsprobleme der Instandhaltung, S. 228; FALLER (S.: Bereitstellung von Instandhaltungspersonal, S. 277) erwähnt in diesem Zusammenhang Raffinerien, die innerhalb kürzester Zeit (z. B. für eine Generalüberholung) eine "Aufstockung" der Handwerkerzahl von 1oo auf 8oo vornehmen müssen.

71) Vgl. so z. B. FALLER, S.: Bereitstellung von Instandhaltungspersonal, S. 277; MUSIL, E. P.: Instandhaltungspolitik, S. 164.

72) Vgl. MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 1o9.

dann auch dazu kommen, daß diese Unternehmen so gut ausgelastet sind und auch Belange anderer Kunden zu berücksichtigen haben, daß sie einen Bedarf nicht sofort befriedigen können und man auf deren Terminvorschläge angewiesen ist[73].

Dieser Umstand verdeutlicht gleichzeitig, daß die (gelegentliche) Inanspruchnahme fremder Betriebe auch zu einem erhöhten Risiko hinsichtlich der Instandhaltungsausführungstermine führen und man somit in eine zeitliche Abhängigkeit geraten kann[74]. Eine große Gefahr der Abhängigkeit von fremden Betrieben besteht somit dann, wenn die eigenen Werkstätten so ausgelegt sind, daß der überwiegende Teil von Spezialarbeiten fremd vergeben werden muß[75]. Andererseits geht man mit der Fremdinstandhaltung kein (oder zumindest nur ein geringes) Risiko ein, daß Personal z. B. krankheits- oder unfallbedingt nicht zur Verfügung steht und gegebenenfalls zusätzlich (Aushilfs-)Personal vorübergehend eingestellt werden muß. Außerdem läßt sich durch den Einsatz von Fremdfirmen in vielen Fällen das Qualitätsrisiko verringern, manchmal sogar völlig ausschalten, wenn diese im Fall unsachgemäßer Ausführung der Instandhaltungsarbeiten regreßpflichtig sind[76].

---

73) Vgl. MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 218; DERS.: Eigen- oder Fremdreparatur, S. 32; BRAUN, E.: Bemessung einer zentralen Reparaturwerkstatt, S. 72; FALLER, S.: Bereitstellung von Instandhaltungspersonal, S. 277.

74) Vgl. MÜLLER-OEHRING, H. - HERZIG, N.: Wirtschaftlichkeitsprobleme, S. 229; vgl. hierzu auch MÄNNEL, Wolfgang: Risikominderung beim Übergang zum Fremdbezug?, in: Der Betrieb, 29. Jg. (1976), S. 1249-1252. Dieses Risiko kann man allerdings auch durch die Inanspruchnahme mehrerer fremder Betriebe senken.

75) Vgl. z. B. SCHILLING, H.: Planmäßige Anlagenpflege, S. 3o und 38.

76) Vgl. so auch FALLER, S.: Bereitstellung von Instandhaltungspersonal, S. 276; SEITZ, Ulrich: Erfahrungen beim Einsatz von Fremdleistungen in der Instandhaltung, in: Aktuelle Probleme der Instandhaltung, in: VDI-Berichte, Nr. 215, Düsseldorf 1974, S. 79-84, hier S. 84; BREDE, Eberhard: Regieleistung oder Fremdleistung, in: Krankenhaus-Umschau, 39. Jg. (197o), Heft 9, S. 862-864, hier S. 862f.; BENDIX, P. H. - SEITZ, U.: Einsatz von Fremdkräften in der Maschinenwartung Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß im Fall der Eigeninstandhaltung andere Beschaffungsaktivitäten erforderlich sind als bei der Fremdinstandhaltung. So wird man vielfach davon ausgehen können, daß fremde Instandhaltungsbetriebe und Anlagenhersteller eine bessere Kenntnis des Beschaffungsmarktes für Schmier- und Hilfsstoffe, wie Öle und Fette sowie andere Materialien und Ersatzteile besitzen als die eigene entsprechende (Einkaufs-) Abteilung. Andererseits müssen in einigen Unternehmen solche Stoffe ohnehin (für die Produktion) beschafft werden, so daß gerade die Ausnutzung dieser besonderen Marktkenntnisse eine Tendenz zur Eigeninstandhaltung (etwa auch bei großen eigenen Instnadhaltungsabteilungen) auslöst.

Schließlich hat man auch steuerliche Unterschiede bei einem Vergleich zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung zu berücksichtigen. So ist bei zunehmender Eigeninstandhaltung vielfach eine Reihe von Kostensteuern zu beachten, wie etwa die Kraftfahrzeugsteuer (wenn die einzelnen Betriebe vergleichsweise weit auseinanderliegen) u. ä. Außerdem müssen bei Bereitstellung weiterer Anlagen zusätzliche Vermögenssteuerbeträge abgeführt werden. Allerdings ist auch daran zu denken, daß im Fall (steuerlich) vorgeschriebener Aktivierung von Instandhaltungsleistungen bei der Fremdinstandhaltung in der Regel höhere Beträge zu aktivieren sind und somit tendenziell eine Steuerersparnis erzielt wird. Unter Umständen ist jedoch auch die Eigeninstandhaltung zu bevorzugen, weil das Unternehmen etwa Steuervergünstigungen erhält.

Abschließend seien noch einige weitere Unterschiede genannt, die sich etwa daraus ergeben, daß bei Eigeninstandhaltung firmen- bzw. konzernpolitische Interessen

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
und -reinigung, in: Jahrbuch für Betriebswirte 1979, hrsg. von Werner KRESSE und Walter ALT, 4. Jg., Stuttgart 1979, S. 184-189, hier S. 188; vgl. auch MÄNNEL, Wolfgang: Risikominderung beim Übergang zum Fremdbezug, in: Der Betrieb, 29. Jg. (1976), S. 1249-1252.

besser gewahrt werden können. So ist es beispielsweise in Zeiten geringer Beschäftigung möglich, Aufträge an einen ansonsten selbständigen Instandhaltungsbetrieb des Konzerns zu vergeben, obgleich von anderen fremden Unternehmen kostengünstigere Angebote vorgelegt worden sind[77]. Außerdem gelingt bei Eigeninstandhaltung eine gegebenenfalls erforderliche Geheimhaltung von Produktionsprogrammen und -verfahren sowie eventuell neuen Anlagenentwicklungen besser, wenngleich auch bei Fremdinstandhaltung durchaus entsprechende Vorkehrungen getroffen werden können[78]. Demgegenüber kann das eigene Instandhaltungspersonal von fremden Handwerkern lernen und es lassen sich so möglicherweise umfangreiche Aus- und Weiterbildungsprogramme einsparen. Schließlich läßt sich eigenes Personal (z. B. durch Aufstiegsmöglichkeiten, Wahl des Entlohnungssystems usw.) besser motivieren[79].

b) Wirtschaftlichkeitsrechnungen zur Fundierung von Verfahrenswahlentscheidungen für einzelne Instandhaltungsleistungen

Bei der Wahl zwischen den verschiedenen Instandhaltungsverfahren müssen grundsätzlich alle für die Bewertung der Alternativen relevanten Unterschiede berücksichtigt werden, wenn man Nutzen und Kosten der Wahlmöglichkeiten bzw. deren Einfluß auf das Erreichen des Ziels der Instandhaltung (Minimierung der Summe der Instandhaltungskosten und Verschleißwirkungen) bestimmen will. Um dies in eine Wirtschaftlichkeitsrechnung aufnehmen zu können, muß versucht werden, die erfolgswirtschaftlichen Auswirkungen der jeweiligen Unterschiede (z. B. Kosten, Quali-

77) Vgl. so BRAUN, E.: Bemessung einer zentralen Reparaturwerkstatt, S. 71.
78) Vgl. so auch MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 218; COENENBERG, Adolf G.: Möglichkeiten des Wirtschaftlichkeitsvergleichs zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug von Vorratsgütern, in: ZfB, 37. Jg. (1967), Heft 4, S. 268-284, hier S. 269.
79) Vgl. z. B. STECH, W. - BIEN, J.: Wann lohnt sich der Einsatz von Fremdleistungen?, S. 73.

tät, Zeit, Risiko) zu bestimmen. Insbesondere bei nicht unmittelbar quantifizierbaren Merkmalen (z. B. Qualität, Risiko) stößt man dabei auf Schwierigkeiten. Vielfach gelingen quantitative Aussagen nur dann, wenn man die aus jenen Unterschieden resultierenden Auswirkungen möglichst weitgehend aufsplittet[80]. In anderen Fällen läßt sich dagegen mittels geeigneter Verfahren[81] eine vergleichende Analyse durchführen, deren Ergebnis dann allerdings dennoch nur selten kardinal angebbar ist. Andererseits reicht für den direkten Vergleich zwischen mehreren Verfahren auch eine Rangfolgenbildung aus[82]. Sofern die für die Befriedigung des Bedarfs an Instandhaltungsleistungen benötigte Ausprägung dieser Merkmale - ein "Anforderungsprofil" - bestimmt ist und sich aus der Analyse der Unterschiede ein für die (beiden) zur Wahl stehenden Alternativen ein "Eignungsprofil" ableiten läßt, ist damit im Grunde das optimale Verfahren gefunden, wenngleich in manchen Fällen aufgrund mangelnder Übereinstimmung zwischen Anforderungs- und Eignungsprofil nur näherungsweise "gute" Entscheidungen getroffen werden können.

In dieser Arbeit würde es zu weit führen, im einzelnen auf die Berücksichtigung aller dieser Unterschiede einzugehen. In einigen Fällen reichen zudem Kostenvergleichsrechnungen aus[83].

---

80) Vgl. hierzu - bezogen auf die Wahl zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug - speziell für die Behandlung qualitativer Unterschiede MÄNNEL, Wolfgang: Die wirtschaftliche Bedeutung qualitativer Unterschiede zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug, in: Entscheidungen zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug in der Praxis, hrsg. von Wolfgang MÄNNEL, Herne-Berlin 1973, S. 63-103 und die dort angegebene Literatur. MÄNNEL, W.: Die Wahl zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug, insbes. das 12. Kapitel.

81) So z. B. Scoring-Verfahren oder Nutzwertanalysen; vgl. bspw. ZANGENMEISTER, Christof: Nutzwertanalyse in der Systemtechnik, 3. Aufl., München 1973.

82) Vgl. zu den Möglichkeiten solcher Erfassung etwa CHMIELEWICZ, K.: Forschungskonzeptionen der Wirtschaftswissenschaft, S. 66-76.

83) Vgl. hierzu vor allem MÄNNEL, Wolfgang: Grundlagen des Kostenvergleichs zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug (I), in: KRP, Jg. 1971, Heft 4, S. 147-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Unterscheiden sich die zur Disposition stehenden Verfahren nur hinsichtlich der von ihnen verursachten Kosten, so kann man sich auf einen Vergleich der relevanten, also von der Entscheidung betroffenen Kosten, jedoch auch nur auf diese, beschränken. Bei kurzfristigen Entscheidungen beispielsweise zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung - etwa derart, daß nur für eine einzelne (zusätzliche) Instandhaltungsleistung, einen Instandhaltungsauftrag, eine Wirtschaftlichkeitsrechnung zu erstellen ist - sind regelmäßig nur deren Einzelkosten bei der Kalkulation der Eigeninstandhaltungskosten in den Kalkül aufzunehmen. Dabei muß insbesondere dahingehend unterschieden werden, ob die eigene Instandhaltung unter- oder voll- bzw. überbeschäftigt ist[84], weil im letzteren Fall nicht mehr über eine einzelne Leistung isoliert sondern nur gemeinsam mit anderen, die gleichen Kapazitäten in Anspruch nehmenden Leistungen - unter Einbeziehung von Opportunitätskosten - entschieden werden kann. Generell verfehlt wäre etwa eine Aufschlüsselung vom Gemeinkosten[85] oder die Ermittlung "durchschnittlicher Selbstkosten"[86] als Ansatz für die Eigeninstandhaltungskosten. Auch die Instandhaltungslöhne sind (mit Ausnahme von Überstundenlöhnen) nicht zu den relevanten Kosten zu zählen, weil diese unabhängig von dem Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsrechnung bzw. der Wahl des Instandhaltungsverfahrens in unveränderter Höhe anfallen. Daraus allerdings die Schlußfolgerung zu ziehen, daß diese und andere unverändert anfallende Bereitschaftskosten für

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
154. Unterschiedliche Formen der Preisstellung durch fremde Instandhaltungsbetriebe (Gesamtfestpreis, Gesamtfestpreis nach Schadaufnahme, Arbeitskosten-Festpreis, Preisstellung nach Aufwand) diskutiert ausführlich WESTERMANN, Hans: Preisvergleiche bei nach außen zu vergebenden Instandsetzungsaufträgen, in: REFA-Nachrichten, 31. Jg. (1978), Heft 6, S. 333-335.

84) Vgl. hierzu und zum folgenden insbes. MÄNNEL, W.: Eigen- oder Fremdreparatur, S. 33-36.

85) Vgl. so ROLF, H.: Das Problem der optimalen Größe von Reparaturwerkstätten, S. 56, 59 und 63.

86) Dies schlägt vor MUSIL, E. P.: Instandhaltungspolitik, S. 164.

die Vergleichskalkulation zu den Kosten der Fremdinstandhaltung addiert werden müßten[87], würde in der Regel zu völlig falschen Ergebnissen führen, wenn die Einzelkosten eines Instandhaltungsauftrags bei Eigeninstandhaltung unter denen der Fremdinstandhaltung liegen. Zu ebenso falschen Entscheidungen würde man - einem anderen Vorschlag folgend - kommen, wenn die Eigeninstandhaltungskosten um kalkulatorische Zusatzkosten erhöht würden, um damit den Nachteil fremder Betriebe auszugleichen, die Kosten (wie etwa Buchhaltungs- und Verwaltungskosten "Unternehmerwagnisse" u. ä.) zu tragen haben, mit denen der eigene Instandhaltungsbetrieb nicht belastet wird[88].

Ein Beispiel soll verdeutlichen, wie im Fall unterbeschäftigter eigener Instandhaltungsbetriebe über die Vergabe eines Auftrages zu entscheiden ist.

Es sei angenommen, daß die Durchführung eines einzelnen, zusätzlich auszuführenden Instandhaltungsauftrages durch einen fremden Instandhaltungsbetrieb Kosten in Höhe von insgesamt DM 3.450,- verursache. Zusätzlich sei vereinfachend unterstellt, daß Verschleißwirkungen in Form von Opportunitätskosten[89] nicht zu berücksichtigen sind bzw. daß sie von der Wahl zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung (etwa wegen gleicher Dauer und gleichem Zeitpunkt für den Beginn der Arbeiten) unabhängig anfallen. In die Kosten der Eigeninstandhaltung gehen vor allem die Kosten für das benötigte Material ein. Der Ansatz der Kosten hat sich dabei daran zu orientieren, ob das Material erst noch beschafft werden muß, ob es bereits auf Lager liegt

---

87) Diese Meinung vertritt BRAUN, E.: Bemessung einer zentralen Reparaturwerkstatt, S. 74: "Im Extremfall bleibt er (der nicht abbaufähige Fixkostenanteil, der Verf.) bei kurzfristigen Entscheidungen in voller Höhe erhalten und muß den Ausgaben bei Fremdbezug hinzuaddiert werden, weil nur der proportionale Anteil der eigenen Kosten beim Fremdbezug eingespart wird."

88) Vgl. so WILLE, F.: Wege zur Senkung der Instandhaltungskosten, S. 45.

89) Vgl. hierzu MÄNNEL, W.: Eigen- oder Fremdreparatur, S. 34f..

und wiederbeschafft werden soll oder ob es zwar vorrätig ist, später aber nicht mehr wiederbeschafft werden soll. Während im letzten Fall nur die bei anderweitiger Verwendung (z. B. Verkauf) erzielbaren Erlöse (abzüglich gegebenenfalls für den Verkauf unmittelbar anfallender Kosten) anzusetzen wären, sind in den beiden ersten Fällen die Kosten der (Erst- bzw. Wieder-)Beschaffung in Ansatz zu bringen, wie dies in Tab. 5.1 - differenziert nach Kosten des Materaileinsatzes und (zusätzlichen) Beschaffungskosten - geschehen ist.

Tab. 5.1: Beispiel für einen gemäß dem Rechnen mit relevanten Kosten durchzuführenden Kostenvergleich zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung bei unterbeschäftigten eigenen Instandhaltungskapazitäten für einen einzelnen (zusätzlichen) Instandhaltungsauftrag

(a) Zusätzliche Kosten der Eigeninstandhaltung (in DM)

	1. Kosten des Materialeinsatzes		
1	Ersatzteil A	1.300,--	
2	Ersatzteil B	750,--	
3	Kleinteile	45,--	
4	Hilfsstoffe (ca.)	60,--	2.155,--
	2. Zusätzliche Beschaffungs(neben-)kosten (Eilzuschläge, Zölle usw.)		
5	Ersatzteil A	52,--	
6	Ersatzteil B	40,--	92,--
7	3. Energiekosten		45,--
8	4. Zusätzliche Kosten der Eigeninstandhaltung		2.292,--

(b) Zusätzliche Kosten der Fremdinstandhaltung (in DM): 3.450,--

Ergebnis: Die Eigeninstandhaltung ist kostengünstiger!

Außerdem sind noch (in der Regel zu schätzende) Werte für Hilfsstoffe und Kleinteile sowie Energiekosten aufzunehmen. Gestaltet man den Kostenvergleich nach diesen Grundsätzen, bezieht man also in die Eigeninstandhaltung

nur die relevanten Kosten ein - also auch keine unabhängig von der Art der Durchführung in unveränderter Höhe weiterhin anfallenden Löhne und anderen Bereitschaftskosten - wird sich vielfach die Eigeninstandhaltung als kostengünstiger erweisen (vgl. auch die Beispielrechnung in Tab. 5.1). Dieses auf kostenrechnerisch fundierten Entscheidungen basierende Vorgehen löst somit eine Tendenz zur Vollbeschäftigung des eigenen Instandhaltungsbereichs aus.

Für den Fall, daß der eigene Instandhaltungsbetrieb vollbeschäftigt ist, können nicht mehr alle Leistungen der kostengünstigeren Alternative - die hier als Eigeninstandhaltung angenommen sei - zugewiesen werden. Ein bzw. einige Aufträge sind daher an fremde Betriebe zu vergeben[9o]. Fremdleistungen sind dann für solche Aufträge in Anspruch zu nehmen, bei deren Vergabe die geringsten engpaßbezogenen (spezifischen) Mehrkosten verursacht werden - man muß somit über mehrere Aufträge gemeinsam entscheiden -, wie dies beispielhaft für den Fall eines Engpasses in der Tab. 5.2 dargestellt ist.

Folgt man diesem Prinzip - jeweils zunächst diejenigen Kapazitäten - im Beispiel Schlosserkapazitäten - durch Fremdinstandhaltung freizustellen, die bei gemeinsamer Betrachtung aller Aufträge (I, II und III) die geringsten relevanten Mehrkosten verursachen, so ist hier zunächst der Auftrag I fremd zu vergeben. Gleichzeitig wird dadurch im Beispiel die benötigte (Schlosser-)Kapazität an die vorhandene angepaßt. Sind mehrere Engpässe vorhanden, sind zur Lösung Programmierverfahren heranzuziehen.

Bei einem Vergleich zwischen unterschiedlichen Verfahren der Eigeninstandhaltung ist prinzipiell in gleicher Weise vorzugehen.

9o) Vgl. hierzu MÄNNEL, W.: Eigen- oder Fremdreparatur, S. 36 und 4o

Tab. 5.2: Beispiel für die auf einen Kostenvergleich abstellende Wahl zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung bei vollbeschäftigten eigenen Instandhaltungskapazitäten

Angenommene Ausgangsdaten:

An zwei aufeinanderfolgenden Tagen sind die Aufträge I, II und III durchzuführen. Für diese Aufträge stehen an personellen Kapazitäten 150 Elektriker- und 160 Schlosserstunden zur Verfügung. Die Ausführung der Aufträge I, II und III erfordert die folgenden Zeiten (in Std.)

Aufträge / Handwerker	I	II	III	Σ	verfügbare Kapazität	
Elektriker	30	80	40	150	150	
Schlosser	100	90	70	260	160	Engpaß!

Ermittlung der engpaßbezogenen (spezifischen) Mehrkosten der Fremdinstandhaltung

	Aufträge ⟶	I	II	III	
1	Kosten des Materialeinsatzes	2.100,--	2.500,--	3.100,--	[DM]
2	zusätzliche Beschaffungsnebenkosten	80,--	150,--	120,--	[DM]
3	Energiekosten	40,--	70,--	60,--	[DM]
4	Summe der Eigeninstandhaltungskosten	2.220,--	2.720,--	3.280,--	[DM]
5	Fremdinstandhaltungskosten	4.000,--	4.430,--	4.750,--	[DM]
6	effektive Mehrkosten der Fremdinstandhaltung	1.780,--	1.710,--	1.470,--	[DM]
7	bei Fremdinstandhaltung freigesetzte Schlosserstunden	100	90	70	[DM]
8	engpaßbezogene Mehrkosten der Fremdinstandhaltung (Rangfolge für den Übergang zur Fremdinstandhaltung)	17,80 (1)	19,-- (2)	21,-- (3)	[DM/Std.]

II. Planung der Abfolge der einzelnen Tätigkeiten einer Instandhaltungsleistung und der Dauer ihrer Ausführung

Die Planung der Durchführung einzelner Instandhaltungsleistungen umfaßt außer der bisher ausschließlich behandelten, vielfach allerdings besonders bedeutsamen Verfahrenswahl vor allem auch die Festlegung der Abfolge der einzelnen Tätigkeiten und die Planung der Ausfüh-

rungsdauer einer Instandhaltungsleistung. Bei der Bewältigung dieser drei Aufgaben hat man zudem im Grunde stets eine Reihe enger wechselseitiger Beziehungen zu beachten. So ist der Zeitbedarf für einzelne Arbeitsgänge einer Instandhaltungsleistung bzw. für diese insgesamt einerseits ein wichtiges Kriterium bei der Entscheidung über das Instandhaltungsverfahren. Andererseits setzt die Planung des Zeitbedarfs voraus, daß die Art und Anzahl der einzelnen Arbeitsgänge und der Ort ihrer Ausführung sowie die Art der einzusetzenden Produktionsfaktoren im Rahmen der Verfahrenswahl festgelegt werden. Für die Planung der Abfolge der einzelnen Tätigkeiten ist die Verfahrenswahl schon deshalb eine wichtige Voraussetzung, weil erst im Anschluß an die Festlegung der (des) Instandhaltungsverfahren(s) Informationen darüber verfügbar sind, ob und in welchem Umfang ein Reihenfolgeproblem überhaupt auftritt. Dies ist etwa dann nicht der Fall, wenn die betreffende Leistung beispielsweise aufgrund von der eigenen Instandhaltung nicht erfüllbarer qualitativer Anforderungen vollständig an fremde Unternehmen vergeben wird. Sofern solche dominierenden Unterschiede zugunsten der Fremdinstandhaltung nicht bestehen, ist die Kenntnis der Art der Durchführung der einzelnen Arbeitsgänge Voraussetzung für die Planung ihrer Aufeinanderfolge. Diese wirkt ihrerseits auf die Verfahrenswahl ein, weil letztere unter anderem in Abhängigkeit davon unterschiedlich zu gestalten ist, ob mehrere Arbeitsgänge zeitlich nacheinander oder aber gleichzeitig auszuführen sind. Davon wird zugleich wesentlich auch der Zeitbedarf für die Leistungsdurchführung bestimmt. Andererseits ist die Planung der Dauer für die Ausführung einzelner Arbeitsgänge ein wichtiger Anhaltspunkt dafür, welche dieser Arbeitsgänge parallel bewältigt werden können und ob Maßnahmen zur Beschleunigung der Leistungserstellung ergriffen werden sollen. Letzteres erfordert wiederum vielfach, daß auch (ein) andere(s) Verfahren anzuwenden (ist) sind.

Die Planung des Zeitbedarfs für eine Instandhaltungsleistung und der Abfolge ihrer einzelnen Tätigkeiten dient einer Reihe von Zwecken. So ist die Ermittlung der

Gesamtdauer für die Ausführung einer Instandhaltungsleistung eine wichtige Grundlage für die periodenbezogene Verfahrenswahl, Reihenfolgeplanung und Terminplanung sowie (in Grenzen) für die periodenbezogene Kapazitätsauslastungsplanung bzw. den periodenbezogenen Bedarf an Potentialfaktoren der Instandhaltung[91]. Darauf wird in den entsprechenden Abschnitten noch näher eingegangen[92]. Da die Gesamtauftragsdauer in der Regel mit der instandhaltungsbedingten Stillstandszeit der betreffenden Produktionsanlage identisch ist[93] - sofern eine Stillsetzung überhaupt erforderlich wird - kann man mit ihrer Ermittlung gleichzeitig auch die von der Stillstandszeit abhängigen erfolgswirtschaftlich relevanten Verschleißwirkungen erfassen. Schließlich kann die zunächst geplante Gesamtauftragsdauer Anlaß dazu sein, unter Berücksichtigung der Abstimmung mit der Produktion und der bereits geplanten Kapazitätsauslastung der Instandhaltung nach Möglichkeiten zu einer Beschleunigung der Ausführung der betreffenden Instandhaltungsleistung zu suchen. Hierzu muß man dann allerdings auf die einzelnen Tätigkeiten - deren Dauer und Aufeinanderfolge - zurück-

---

91) Vgl. so etwa auch MÄNNEL, W.: Vorbeugende Instandhaltung, S. 33; DERSELBE: Zeitbedarfsplanung für Instandhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen, in: Der Betriebswirt, 14. Jg. (1973), Heft 2-3, S. 29-3o, hier S. 29. Dieser Problemkreis läßt sich für die (kurzfristige) Planung der Durchführung von Instandhaltungsleistungen auch unter dem Begriff "Arbeitsvorbereitung" zusammenfassen; vgl. dazu insbesondere HACKENBERG, Werner: Integriertes Funktions-, Planungs- und Entscheidungsmodell für den Aufbau einer systematischen Arbeitsvorbereitung in der Instandhaltung, Diss. Aachen 1971.

92) Vgl. die Abschnitte B I. und B II. dieses Kapitels, sowie den Abschnitt C des sechsten Kapitels dieser Arbeit.

93) Dies gilt nur dann nicht, wenn während der instandhaltungsbedingten Stillstandszeit ohnehin anfallende Produktionspausen auftreten oder wenn bestimmte Instandhaltungsarbeiten bereits vor dem Stillsetzen bzw. erst nach dem Wiederanlauf ausgeführt werden; diese Zeiten sind dann von der Gesamtdauer in Abzug zu bringen. Aus diesem Grunde aber die Instandhaltungszeit von vornherein so zu definieren, daß sie nur die um solche Pausen verringerten Zeiten umfaßt (vgl. so SCHEER, S.-W.: Instandhaltungspolitik, S. 5o), erscheint allerdings verfehlt, wenn man insbesondere auch die anderen Zwecke der Ermittlung der Gesamtauftragsdauer berücksichtigt.

greifen. Erst daraus läßt sich nämlich ersehen, ob und inwieweit sich die gesamte Auftragszeit durch Veränderungen der Einzelzeiten und/oder der Abfolge der Arbeitsgänge verkürzen läßt[94]. Darüber hinaus ist die auf die einzelnen Elemente der Ausführung einer Instandhaltungsleistung gerichtete Planung Voraussetzung für die Ermittlung des Bedarfs an Produktionsfaktoren für den jeweiligen Instandhaltungsauftrag[95], für die zweckmäßige Gestaltung einzelner Arbeitsgänge (z. B. von "Suchprozessen" für das Auffinden von ausgefallenen Anlagenelementen) und für die rechtzeitige Bereitstellung der benötigten Produktionsfaktoren. Darüber hinaus lassen sich hieraus Zeitvorgaben für die Instandhaltungshandwerker planen[96] und der Einsatz verschiedener Handwerker (bzw. der Potentialfaktoren) koordinieren[97]. Dagegen ist es nicht möglich, auf diesem Wege etwa die "Arbeitskosten" eines Auftragselementes oder eines Auftrags insgesamt zu erfassen[98].

---

94) Vgl. so auch DIETRICH, Jutta: Durchsetzung von Grundsätzen der wissenschaftlichen Arbeitsorganisation mit dem Ziel einer rationellen Gestaltung des Prozesses der Instandhaltung von Tagebau-Großgeräten, Diss. 1974, Freiberg 1974, S. 85f..

95) Andererseits legt erst die Planung des Bedarfs und Einsatzes der Produktionsfaktoren (vgl. hierzu den Abschnitt B des sechsten Kapitels dieser Arbeit) den Zeitbedarf für die Erstellung der Instandhaltungs(teil-)leistungen endgültig fest. Zwischen der Durchführungsplanung und der Planung des Bedarfs an Produktionsfaktoren für eine einzelne Instandhaltungsleistung besteht somit ein enger gegenseitiger Zusammenhang.

96) Vgl. so auch ERDMANN, Wolfgang: Zeitvorgabe bei Instandhaltungsarbeiten, Darmstadt 197o, S. 75; GROTHUS, Horst: Planzeiten für Instandhaltearbeiten, in: REFA-Nachrichten, 21. Jg. (1968), Heft 6, S. 297-3o5, hier S. 297.

97) Die Bedeutung für die Koordination der Handwerker betont etwa GROTHUS, Horst: Die Integration der Schadenabwehr - das neue Verständnis von der Vorbeugenden Instandhaltung, in: REFA-Nachrichten, 29. Jg. (1976), Heft 5, S. 281-29o, hier S. 286.

98) Eine entsprechende andere Auffassung vertritt z. B. ERDMANN, W.: Zeitvorgabe bei Instandhaltungsarbeiten, S. 76. Verfehlt ist eine solche Schlüsselung von Lohnkosten auf eine einzelne Leistung oder sogar einzelne Arbeitsgänge aus bereits dargelegten Gründen; vgl. z. B. den Abschnitt A I. 3. b dieses Kapitels.

Zur Erreichung des Formalziels der Instandhaltung hat sich die Planung der Dauer und der Abfolge der einzelnen Tätigkeiten einer Instandhaltungsleistung daran zu orientieren, daß die von diesen Entscheidungen abhängigen Instandhaltungskosten und erfolgswirtschaftlich nachteiligen Verschleißwirkungen insgesamt minimiert werden. Hierzu zählen insbesondere von der Ausführungsdauer abhängige Verschleißwirkungen, Zeitprämien für das Personal, Überstundenlöhne, mit der Mietdauer variierende Kosten für das Leasen von Anlagen, die für die betreffende Leistung gemietet werden, Energiekosten - z. B. für das Betreiben von elektronischen Meßgeräten zur Fehlersuche - gegebenenfalls zeitabhängige Fremdleistungskosten u. ä. Hinzu kommen andere, vor allem von der Festlegung der Abfolge der einzelnen Tätigkeiten abhängige Kosten, wie etwa Rüstkosten für die Bearbeitung mehrerer Einzelteile auf einer Anlage in der Werkstatt, zusätzliche Transportkosten wegen des Einsatzes mehrerer Produktionsfaktoren, Eilzuschläge für die beschleunigte Beschaffung von Material und Ersatzteilen usw.

Welche Bedeutung der Berücksichtigung dieser erfolgswirtschaftlichen Auswirkungen bei der Planung der Dauer und der Abfolge der einzelnen Tätigkeiten einer Instandhaltungsleistung im konkreten Fall beizumessen ist, hängt vor allem davon ab, inwieweit man über die Festlegung dieser beiden Merkmale überhaupt disponieren kann. Darauf nimmt eine Vielzahl von Bestimmungsfaktoren Einfluß. So ist man bei der Festlegung der Abfolge der einzelnen Arbeitsgänge vielfach erheblichen technologischen Zwängen unterworfen[99], die zum Teil sogar nur eine einzige Möglichkeit offenlassen. Dies gilt vor allem für Demontage- und Montagevorgänge beim Aus- und Einbau eines Anlagenteils sowie bei dessen Zerlegung[100].

---

99) Vgl. so auch HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 268.

100) Vgl. hierzu auch EICHLER, C.: Instandhaltungstechnik, S. 294f.

Allerdings trifft dies nicht generell zu. Insbesondere dann, wenn aufgrund eines Ausfalls einer Anlage eine ungeplante Verschleißbeseitigung erforderlich wird und das den Ausfall verursachende Anlagenteil nicht unmittelbar - etwa anhand des aufgetretenen Fehlers in der Anlagenleistung - festgestellt werden kann, erlangt die Festlegung des Ablaufs der Tätigkeiten zur Suche der Verschleißursache bzw. des Teils, das das kritische Verschleißstadium erreicht oder überschritten hat, erhebliche Bedeutung[1o1)]. Denn dadurch läßt sich beispielsweise ein vergeblicher Einsatz mehrerer Handwerker unterschiedlicher Berufsgruppen und/oder eine Demontage der Anlage in unnötig großem Umfang vermeiden. Ursache hierfür ist also, daß das instandzuhaltende Objekt und daher auch die Art der einzelnen Tätigkeiten zur Erbringung der benötigten Leistungen unbekannt sind. Diese Probleme treten demgegenüber bei geplant auszuführenden Leistungen in weit geringerem Maße auf. Der Planung ihrer Ausführung liegt zumindest die sichere Kenntnis des jeweiligen Instandhaltungsobjektes zugrunde. Je sicherer außerdem die Informationen über den Zustand eines Instandhaltungsobjektes (etwa aufgrund von Inspektionen) sind, umso konkreter lassen sich auch die Art der einzelnen Tätigkeiten und damit deren Abfolge planen. Diesbezüglich bietet eine auf Inspektionen aufbauende Verschleißbeseitigungsplanung besonders günstige Voraussetzungen, da unter dieser Bedingung der Zustand des Instandhaltungsobjektes für den Zeitpunkt der Verschleißbeseitigung in relativ engen Grenzen (in Abhängigkeit von der Streuung des Verschleißverlaufs und der Länge der Inspektionsintervalle) prognostiziert werden kann. Im Falle (kalender- oder betriebszeit-)periodischer Instandhaltungspolitiken ist demgegenüber der Zustand des Instandhaltungsobjektes vergleichsweise unsicherer, wenngleich bei verhältnismäßig kleinen Verschleißbeseitigungsintervallen aufgrund der daraus resultierenden häufigen Durchführung der jeweiligen Maßnahmen dieser Nachteil relativ gering sein wird.

1o1) Vgl. so auch MÄNNEL, W.: Vorbeugende Instandhaltung, S. 33.

Die Planbarkeit bzw. die Bestimmtheit der Arbeitsabläufe für eine in der Planperiode auszuführende Instandhaltungsleistung wird allerdings auch noch von anderen Faktoren beeinflußt. So weisen oftmals Informationen über Art und Höhe von Instandhaltungskosten und Verschleißwirkungen in Abhängigkeit von der Länge des Planungszeitraumes einen unterschiedlichen Grad an Sicherheit auf. Unsicherheiten können beispielsweise auftreten, weil die Kosten für Rüstvorgänge an den Instandhaltungsanlagen davon abhängig sind, welcher Auftrag zuletzt auf ihnen bearbeitet wurde, diese Information aber in der Regel nur kurzfristig bekannt ist. Bedeutsamer ist zumeist allerdings, daß für die Berücksichtigung der ökonomischen Verschleißwirkungen zumindest die Auslastung der (Produktions-)Anlagen zum Zeitpunkt der Instandhaltung bekannt sein muß, wovon vielfach nicht ausgegangen werden kann. Diese Probleme resultieren vor allem daraus, daß die entsprechenden Informationen mit zunehmender Länge des Planungszeitraumes auch zunehmend unsicher werden. Dies ist außer mit der Unsicherheit zukünftiger Daten vor allem auch auch damit zu begründen, daß zu Beginn der Planperiode oftmals noch keine "Einbettung" der Planung einer Leistung in die periodenbezogene Planung erfolgen kann. Die Kenntnis dieser erfolgswirtschaftlich relevanten Größen ist jedoch eine wichtige Voraussetzung für die Gestaltung disponierbarer Arbeitsabläufe und hier insbesondere bei Überlegungen, ob bestimmte Arbeitsgänge gleichzeitig oder zeitlich aufeinanderfolgend zur Ausführung kommen sollen. Für die Entscheidungsfindung müssen in diesem Fall insbesondere die erfolgswirksamen Auswirkungen in ihrer Abhängigkeit von der Abfolge der einzelnen Arbeitsgänge und damit auch von der Gesamtdauer der Ausführung einer Instandhaltungsleistung bekannt sein. Diesbezüglich wird man davon ausgehen können, daß vor allem die Instandhaltungskosten mit einem eine Verkürzung der Gesamtdauer bewirkenden Arbeitsablauf tendenziell ansteigen, während die (stillstandzeitabhängigen) Verschleißwirkungen sinken und umgekehrt[1o2)]. Allerdings ist zu

---

1o2) Vgl. ähnlich MÄNNEL, W.: Vorbeugende Instandhaltung, S. 34.

beachten, daß in Abhängigkeit von der konkreten Situation mit einer Verkürzung der gesamten Instandhaltungszeit auch bestimmte Instandhaltungskosten sinken können. Dies trifft etwa dann zu, wenn durch eine solche Beschleunigung Überstundenlöhne vermieden werden können.

Problematisch bleibt jedoch selbst dann, wenn die betreffenden Informationen vorhanden sind, daß die für die Planung der Abfolge und Durchführung der einzelnen Arbeitsgänge benötigten Zeiten oftmals unsicher sind. Die Ermittlung der Zeiten für die Einzeltätigkeiten ist dabei zugleich eine wesentliche Grundlage für die Planung der Gesamtdauer einer Leistung[1o3)]. Diese umfaßt außer den Zeiten für die unmittelbar zur Ausführung eines Auftrags erforderlichen Arbeitsverrichtungen noch Wartezeiten[1o4)], in denen der Auftrag nicht bearbeitet wird. Bei der Planung dieser Zeiten können grundsätzlich die bereits genanten Probleme der Planung der Arbeitsabläufe auftreten. Hinzu kommt allerdings noch eine Reihe weiterer Schwierigkeiten, die sich wegen der engen Verbindung zwischen den beiden hier behandelten Aufgaben dann ebenfalls auf die Planbarkeit der Arbeitsabläufe auswirken.

Der Zeitbedarf für die Ausführung von Instandhaltungs-(teil-)leistungen ist zunächst vor allem in Abhängigkeit von der Art und geforderten Qualität der betreffenden Tätigkeiten und den zu ihrer Durchführung gewählten Verfahren zu planen. Je nach Art des Verfahrens läßt

---

1o3) Vgl. so auch MÄNNEL, W. Vorbeugende Instandhaltung, S. 33.

1o4) Vgl. hierzu z. B. auch HERZIG (N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 166), der zwischen Tätigkeitszeiten, differenziert in Aktionszeiten und logistische Zeiten sowie Wartezeiten unterscheidet. RIETDORF (B.: Planmäßige Anlagenerhaltung, S. 52) untergliedert in die Auftragsübermittlungs- und Zuteilungszeit einerseits und den Zeitbedarf des Arbeiters andererseits, der sich wiederum zusammensetzt aus den Wegezeiten, den Ersatzteil- und Werkzeugbeschaffungszeiten und der eigentlichen Reparaturzeit.

sich der Zeitbedarf vielfach jedoch nur relativ ungenau prognostizieren. So wird man insbesondere die Dauer für ausbessernde Reparaturen weniger exakt planen können als für austauschende Verschleißbeseitigungsmaßnahmen. Oftmals streut die Ausführungszeit auch in Abhängigkeit davon, welcher Handwerker mittels welcher Verfahren den Auftrag ausführen wird, da die verschiedenen Verfahren unterschiedliche Anforderungen an die Geschicklichkeit und Erfahrung des Ausführenden stellen. Voneinander abweichende Anforderungen resultieren oft auch aus der Wahl des Ortes der Instandhaltungsdurchführung, so etwa insbesondere an Anlagen, die dem Handwerker nur wenig Bewegungsfreiheit lassen oder an nur schwer zugänglichen Bauteilen von Anlagen[1o5]. Auch der Zeitpunkt der Leistungserstellung kann den Zeitbedarf (und die Qualität der Leistung) beeinflussen, weil die Leistung der Handwerker mit der Tageszeit (insbesondere während der Nacht ist sie am niedrigsten) schwankt[1o6].

Schließlich variiert die Dauer für die Ausführung einzelner Arbeitsverrichtungen auch mit der Häufigkeit, mit der man diese einem Handwerker zuteilt. Je öfter ein Handwerker gleiche Tätigkeiten an gleichen Instandhaltungsobjekten übernimmt, umso eher werden sich die Ausführungszeiten verkürzen[1o7]. Auch der jeweilige Zustand des Instandhaltungsobjektes selbst (z. B. starke Verschmutzung) sowie der Verbindungen mit anderen Teilen einer Anlage (z. B. Festsitz aufgrund von Korro-

---

1o5) Dies betont bspw. auch STÜLPNAGEL, C.: Einsatz von Endoskopen bei Triebwerksinspektionen, S. VI/3.

1o6) Vgl. hierzu allgemein STEFFEN, R.: Analyse, S. 83 und die dort angegebene Literatur.

1o7) Vgl. allgemein zu diesen übungsbedingten "Erfolgen" etwa SCHNEIDER, Dieter: "Lernkurven" und ihre Bedeutung für die Produktionsplanung und Kostentheorie, in: ZfbF, 17. Jg. (1965), S. 5o1-515; SCHUSTER, Brigitte: Die Vorbereitung der Fertigung, Köln-Bonn 1973, insbes. S. 7-73; BAETGE, J.: Lernprozesse, betriebliche, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, hrsg. von Erwin GROCHLA und Waldemar WITTMANN, 4. Aufl., Bd. I/2, Stuttgart 1975, Sp. 2496-25o4.

sion)[108] kann die Planung der Dauer der Durchführung einzelner Arbeitsgänge erschweren.

Darüber hinaus ist schließlich von besonderer Bedeutung, wieviele Handwerker und Betriebsmittel für eine oder mehrere Tätigkeiten eines Instandhaltungsauftrages gleichzeitig eingesetzt werden können.

Um die gesamte Dauer für die Ausführung einer Instandhaltungsleistung zu planen, hat man außer den Zeiten für die unmittelbar die eigentliche Leistungserstellung beinhaltenden Tätigkeiten vor allem noch Transport- und Wartezeiten für die Produktionsfaktoren zu berücksichtigen. Die Transportzeiten werden dabei insbesondere vom Ort der Leistungsausführung bestimmt. Dabei muß man für die Planung dieser Zeiten - sofern die Leistung am Standort der betreffenden Anlage durchgeführt wird - ermitteln, von welchem Ort die Produktionsfaktoren zur Anlage zu bringen sind (Werkstatt, Material- und Ersatzteillager, zuletzt instandgehaltene andere (Produktions-) Anlage) und welche dieser Transportvorgänge parallel ablaufen können (so können z. B. oft Personal und Material gleichzeitg - von verschiedenen Stellen - zur Anlage befördert werden). Da diese Wege (und Zeiten) vom Ort der zuletzt ausgeführten Instandhaltungsleistung abhängig sein können, lassen sich diese Zeiten oft nur im Rahmen sehr kurzfristiger Planungen kalkulieren[109]. Im Fall der Ausführung bestimmter Arbeitsgänge in der Werkstatt sind außerdem die Wege zur Werkstatt und zurück zu berücksichtigen.

Erheblich problematischer als die Transportzeiten wirken sich jedoch vielfach die Wartezeiten auf die Plan-

---

108) Vgl. so z. B. GROTHUS, H.: Planzeiten für Instandhaltearbeiten, S. 297; RIETDORF, B.: Planmäßige Anlagenerhaltung, S. 54.

109) Daher faßt SCHEER (S.-W.: Instandhaltungspolitik, S. 51) die Auftragszeiten grundsätzlich als Zufallsvariable auf.

barkeit der Dauer eines Instandhaltungsauftrages aus. Wartezeiten hat man dabei möglicherweise aus mehreren Gründen in Kauf zu nehmen. Noch vergleichsweise einfach lassen sich arbeitsablaufbedingte Wartezeiten planen. Diese entstehen beispielsweise für das Trocknen von Anstrichen[110] (zwischen Grundierung und Endlackierung sowie zwischen Endlackierung und Wiedereinbau von Teilen) oder für das Ablassen (Abtropfen) von Ölen bei Getriebeinspektionen (z. B. mittels Endoskopen)[111]. Ungenauigkeiten der Zeitplanung können in diesen Fällen etwa aus unterschiedlichen Umweltbedingungen beim Trocknen der Anstriche und aus dem Zustand des Getriebeöls resultieren. Besonders ins Gewicht fallen demgegenüber solche Wartezeiten, die etwa deshalb entstehen, weil die benötigten Materialien und Ersatzteile nicht rechtzeitig zur Verfügung stehen[112], weil Handwerker fremder Unternehmen nicht termingerecht anreisen, weil die benötigten Handwerker mit dringlicheren Instandhaltungsarbeiten an anderen Anlagen beschäftigt sind, weil die Genehmigung ausfallschadensbedingt notwendig werdender Leistungen nicht sofort (quasi mit der Schadensmeldung) erfolgt usw. Insbesondere die letztgenannte Ursache tritt vornehmlich bei zumindest bezüglich des Zeitpunktes ungeplant auszuführenden Instandhaltungsleistungen auf[113]. Sie lassen sich bei geplanter Instandhaltung - ebenso wie etwa auch Zeiten für die Fehlersuche - oft weitgehend oder sogar vollständig vermeiden[114]. In diesem Fall können zusätzlich die Stillstandszeiten der betreffenden Anlagen durch einen höheren maßnahmen- und objektspezifischen Vorbereitungsgrad verkürzt werden.

Die Ausführungen haben gezeigt, daß bei der Planung der Dauer für Instandhaltungsleistung und der Festlegung

---

110) Vgl. so auch GROTHUS, H.: Planzeiten für Instandhaltearbeiten, S. 302.
111) Vgl. hierzu z. B. SCHLEPER, B.: Getriebeuntersuchung mit Hilfe von Endoskopen, S. V/4.
112) Vgl. auch RIETDORF, B.: Planmäßige Anlagenerhaltung, S. 54.
113) Vgl. ebenda, S. 54.
114) Vgl. ähnlich ORDELHEIDE, D.: Instandhaltungsplanung, S. 56.

der Abfolge der einzelnen Tätigkeiten eine Vielzahl von Problemen auftritt. Wenngleich sich daraus resultierende Unsicherheiten niemals vollständig vermeiden lassen, so können diese doch reduziert werden, wenn man sich für die einzelnen Instandhaltungsobjekte und -leistungen um eine Standardisierung bemüht[115]. Dies betrifft insbesondere Einzeltätigkeiten, die bei mehreren unterschiedlichen Aufträgen in gleicher Weise durchgeführt werden können und deren Zeitbedarf dann zumindest annähernd übereinstimmt[116]. Auch die Abfolge der einzelnen Arbeitsgänge läßt sich für bestimmte Aufträge, die häufiger wiederkehren (Inspektion von Teilen, Aus- und Einbau von Teilen usw.), von vornherein planen. Im Hinblick auf die Zielsetzung einer größeren Standardisierung wird man dann selbst bei Aufträgen bzw. Teilen von Aufträgen mit vergleichsweise geringem Umfang wirtschaftlich die Methoden der Netzplantechnik[117] anwenden können, die ansonsten insbesondere bei größeren Projekten (wie z. B. "Generalüberholungen) zum Einsatz kommen.

---

115) Vgl. so auch MÄNNEL, W.: Vorbeugende Instandhaltung, S. 33; HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 269; GROTHUS, H.: Die Total Vorbeugende Instandhaltung, S. 95-11o.

116) Im Rahmen einer empirischen Untersuchung stellt dies etwa auch ERDMANN (Wolfgang: Untersuchung über die Auswirkungen arbeitsorganisatorischer und entlohnungstechnischer Veränderungen auf die Arbeitsproduktivität von Instandhaltungshandwerkern, Diss. Aachen 197o, S. 14) fest.

117) Zur Anwendung der Netzplantechnik in der Instandhaltung vgl. z. B. GROTHUS, Horst: Critical path - Ein Terminplanungsverfahren für größere Instandsetzungen, Um- und Neubauten, in: Geplante Schnellinstandsetzung und vorbeugende Instandhaltung für Bergbau-, Eisenhütten- und ähnlich gelagerte Industrien, Vortragsveröffentlichungen Haus der Technik e.V., Essen 1964, S. 7o-75; KUBEIN, J. - KREUZIGER, K.: Anwendung der Netzwerkplanung - Methode des kritischen Weges - bei der Generalreparatur von Werkzeugmaschinen, in: Der Maschinenbau, 15. Jg. (1966), Heft 11, S. 521-526; ILCHMANN, W.: Zur Anwendung der Netzwerktechnik bei der Instandhaltung im chemischen Kombinat, in: Chemische Technik, 18. Jg. (1966), Heft 7, S. 427-431; LAUE, K.: Anwendung der Netzwerktechnik bei der großen Überholung eines Abraumförderbrückenverbandes, in: Bergbautechnik, 16. Jg. (1966), Heft 7, S. 365-375; REISS, S.: Netzwerkplanung im Reparaturwesen der

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

B Periodenbezogene Instandhaltungsablaufplanung

I. Periodenbezogene Verfahrenswahl

1. Anlässe, Voraussetzungen und Alternativen

Welche Verfahrensalternativen in einen Kalkül zur Verfahrenswahl aufzunehmen sind, hängt vor allem davon ab, ob die Verfahrensentscheidung nur kurzfristig oder auf lange Sicht zu treffen ist. Bei langfristiger Ausrichtung sind außer den bereits behandelten kurzfristigen Möglichkeiten zusätzlich solche Alternativen zu beachten, die das vorhandene Verfahrensrepertoire verbessern, ausweiten oder völlig in seiner Art und Struktur - vornehmlich durch Variationen der personellen und maschinellen Kapazitäten, aber auch durch nachhaltige Änderungen der Lagerhaltungs- und Bereitstellungsstrategien für Instandhaltungsmaterialien und Ersatzteile - verändern.

Mit der extremsten Form dieses Wahlproblems - überhaupt erst entsprechende Kapazitäten zur (teilweisen oder vollständigen) Deckung des Bedarfs an Instandhaltungsleistungen aufzubauen oder aber entsprechend (teilweise oder vollständig) Instandhaltungsleistungen fremder Unternehmen in Anspruch zu nehmen - wird man dabei vergleichsweise selten konfrontiert werden. Solche eher einmaligen Charakter aufweisenden Anlässe liegen etwa bei Neugründungen von Unternehmen oder Betriebsteilen oder

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite: Kraftwerke, in: Energietechnik, 16. Jg. (1966), Heft 1, S. 25-3o; DZIERZAN, Nikodem: Erfahrungen mit der Netzwerkplanung für Raffinerieüberholungen, in: Erdöl und Kohle, 2o. Jg. (1967), Heft 11, S. 8o8-813; IHLE, Siegfried: Netzwerkplanung bei der Instandhaltung von E-Loks, in: Schienenfahrzeuge, 11. Jg. (1967), S. 24-25; MOODY, H.: Network Analysis for the Planning and Control of Maintenance Work, in: Management of Industrial Maintenance, ed. by KELLY, Q. and HARRIS, M. J., London-Boston 1978, S. 126-147; BECKER, E.: Netzplantechnik in der Instandhaltung, in: Instandhaltung - Ein Managementproblem der Anlagenwirtschaft, S. 145-162; THUMB, Norbert: Grundlagen und Praxis der Netzplantechnik, München 1968.

tiefgreifenden organisatorischen Umstellungen vor[118]. Dann wird der Verfahrenswahl gleichzeitig der höchstmögliche Freiheitsgrad eröffnet, da langfristig in die Wahlüberlegungen "... alle Verfahrensmöglichkeiten einbezogen werden können und müssen, die beim gegebenen Stand der Technik realisierbar sind"[119].

Häufiger, wenn auch nicht regelmäßig, ist darüber zu entscheiden, ob die vorhandenen Kapazitäten erweitert oder reduziert bzw. in ihrer Struktur verändert werden sollen. Selbst bei Annahme eines auch in der Zukunft im wesentlichen unveränderten Bedarfs an Instandhaltungsleistungen stellt sich ein Verfahrenswahlproblem etwa dann ein, wenn neue Werkzeuge oder Maschinen bereitgestellt werden könnten, die eine stärkere Mechanisierung der in der Regel sehr personalintensiven Instandhaltung ermöglichen. So könnten beispielsweise Überlegungen darüber anzustellen sein, ob durch den Einbau automatischer Verschleißüberwachungsinstrumente oder automatisch arbeitender Selbstschmiereinrichtungen[12o] bzw. durch die Bereitstellung weiterer spezieller Werkzeuge und Maschinen für die Verschleißbeseitigung ein Abbau eines Teils des Personalbestandes im Instandhaltungsbereich erreicht werden soll. Dies läßt sich etwa auch dadurch erreichen, daß man durch eine Veränderung der Lagerbestands- und Bereitstellungsplanung für Materialien und Ersatzteile zeitaufwendige Arbeiten des Instandhaltungsperosnals reduziert (vor allem durch eine Zunahme des Anteils austauschender Reparaturen). Schließlich tritt ein Wahlproblem auch dann auf, wenn neue spezialisierte fremde Instandhaltungsbetriebe Instandhaltungsleistungen anbieten. Entscheidungen über die Wahl zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung können außerdem

---

118) Hierbei mag man bspw. an die Umstellung eines ganzen Betriebes auf andere Erzeugnisse denken, die eine Änderung des Organisationsprinzips der Fertigung und einen völlig veränderten Anlagenpark mit völlig verändertem Instandhaltungsbedarf erfordern.

119) KILGER, W.: Optimale Verfahrenswahl, S. 16o.

12o) Vgl. GESELL, Waldemar: Maschinenwartung tut not, in: Maschinenmarkt, 77. Jg. (1971), Nr. 1oo, S. 2249-225o.

auch dann notwendig werden[121], wenn das eigene Personal nicht (mehr) dazu bereit ist, Instandhaltungsleistungen in größerem Umfang außerhalb der normalen Arbeitszeit durchzuführen. Andererseits kann beispielsweise eine zunehmende Unzufriedenheit mit fremden Instandhaltungsbetrieben - etwa aufgrund abnehmender Qualität der Leistungen oder wachsender Unzuverlässigkeit hinsichtlich der Leistungstermine - Überlegungen zu einer verstärkten Eigeninstandhaltung oder aber eine Analyse des Beschaffungsmarktes für Instandhaltungsleistungen auslösen. Dies gilt beispielsweise auch dann, wenn Preiserhöhungen seitens der betreffenden Unternehmen zu erwarten oder bereits eingetreten sind. Demgegenüber führt ein Anstieg der Eigeninstandhaltungskosten zu umgekehrten Überlegungen. Schließlich können auch knappe finanzielle Mittel für eine Änderung des Bereitstellungsweges ausschlaggebend werden. Hier ist etwa daran zu denken, daß aufgrund dieser Restriktion eine (geplante) Erweiterung der Eigeninstandhaltungskapazitäten unterbleiben muß. Andererseits kann es sinnvoll sein, zur Überbrückung eines finanziellen Engpasses statt der Durchführung ausbessernder Reparaturen durch fremde, vergleichsweise teure Spezialisten für eine technisch oftmals einfachere austauschende Instandsetzung eigenes Personal einzusetzen, zumal dann, wenn die dafür erforderlichen Teile ohnehin noch im Ersatzteillager vorrätig sind.

Besondere Bedeutung erlangt für die langfristige Verfahrenswahl auch eine nachhaltige Änderung des Bedarfs an Instandhaltungsleistungen. Eine allein mengenmäßige

---

121) Vgl. zu Anlässen für die Wahl zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung sinngemäß MÄNNEL, W.: Die Wahl zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug; DERSELBE: Eigenfertigung/Fremdbezug, in: Management Enzyklopädie, 2. Bd., München 197o, S. 353-367, insbes. S. 354; DERSELBE: Eigenfertigung und Fremdbezug, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, hrsg. von Erwich GROCHLA und Waldemar WITTMANN, 4. Aufl., Stuttgart 1974, Bd. I/1, Sp. 1231-1237, insbes. Sp. 1232f.

Ausdehnung des Bedarfs kann dabei etwa durch eine Erweiterung der Produktionskapazitäten hervorgerufen werden. Auch artmäßig verändert sich dann oft der Bedarf, wenn die neuen Anlagen gegenüber den bisherigen einem rasch voranschreitenden technischen Fortschritt angepaßt sind, was ebenfalls zu Überlegungen der hier zu behandelnden Art führen kann. Konkret läßt sich beispielsweise durch eine zunehmende Standardisierung und Normung der Anlagenelemente eine Homogenisierung des Bedarfs an Instandhaltungsleistungen erreichen. Diese ermöglicht wiederum eine Rationalisierung der Instandhaltung und kann Überlegungen zur Bereitstellung entsprechender Anlagen auslösen bzw. auch eine zusätzliche Eigeninstandhaltung gegenüber der Fremdinstandhaltung vorteilhaft erscheinen lassen, weil oft erst dann eine hinreichende Auslastung eigener Potentialfaktoren gewährleistet ist. Andererseits besteht oft nicht die Möglichkeit, das Instandhaltungspersonal entsprechend dem technischen Fortschritt rasch genug weiter auszubilden, so daß sich ein (vorübergehender) Übergang zur verstärkten Fremdinstandhaltung anbietet[122]. Schließlich wird man mit dem Wahlproblem auch dann konfrontiert, wenn sich die Dauer des Bedarfs gegenüber früheren Planungen verändert, also beispielsweise abzusehen ist, daß aufgrund der vorzeitigen Stillegung einer oder mehrerer (Produktions-)Anlagen die Aufrechterhaltung der vorhandenen Instandhaltungskapazität für die Planperiode insgesamt unwirtschaftlich würde.

Treten Anlässe der beschriebenen Art auf, die Entscheidungen über eine verstärkte Inanspruchnahme fremder Instandhaltungsbetriebe bzw. eine Veränderung oder Ausweitung der eigenen Instandhaltungskapazitäten erfordern, ist in einem ersten Schritt zu prüfen, ob und gegebenenfalls inwieweit die für die Wahl des jeweiligen Verfahrens notwendigen Voraussetzungen gegeben sind oder aber geschaffen werden können.

---

122) Vgl. so etwa MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 212; BRAUN, E.: Bemessung einer zentralen Reparaturwerkstatt, S. 68.

Insbesondere für langfristige Entscheidungen ist eine Analyse des Bedarfs an Instandhaltungsleistungen eine wichtige Basis für die Verfahrenswahl, weil Art, Menge, Dauer und zeitliche Struktur dieses Bedarfs vielfach bereits eine der Alternativen ausschließen. So kann man in der Regel davon ausgehen, daß bei einem artmäßig und mengenmäßig-zeitlich stark schwankenden Bedarf die Bereitstellung von eigenen speziellen Anlagen zur Durchführung der verschiedenen Leistungsarten bzw. eine ausschließliche Eigeninstandhaltung nur selten zweckmäßig sein wird[123]. Dies gilt oftmals auch dann, wenn der Bedarf nur eine verhältnismäßig kurze Zeit besteht oder wenn geeignete Fachkräfte zur Ausführung bestimmter Leistungsarten zumindest auf absehbare Zeit nicht verfügbar sind[124]. Andererseits kann etwa auch der Fall eintreten, daß fremde Unternehmen (allein) nicht in der Lage sind, einen vergleichsweise großen, dauerhaften Bedarf an Instandhaltungsleistungen zu decken. Bevor man einen Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen den verschiedenen erwogenen Verfahrensalternativen erstellen kann, hat man vor allem zu prüfen, ob die benötigten Produktionsfaktoren überhaupt verfügbar gemacht werden können. Konkret sind außer einigen bereits bei der Wahl des Verfahrens für einzelne Leistungen angesprochenen etwa folgende Fragen zu beantworten:

- Kann das vorhandene Personal durch Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen in die Lage versetzt werden, höhere Anforderungen zu erfüllen?

- Ist gegebenenfalls auf dem Arbeitsmarkt mit entsprechend geeigneten Fachkräften zu rechnen[125]?

---

123) Vgl. hierzu bspw. FALLER, S.: Bereitstellung von Instandhaltungspersonal, S. 277; vgl. auch den Abschnitt B II. 2. dieses Kapitels.

124) Vgl. so z. B. auch GERLAND, A.: Instandhaltung des Produktionsapparates, S. 131; SCHILLING, H.: Planmäßige Anlagenpflege, S. 37; MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 211.

125) Vgl. WARDENBERG, J.: Das Problem der Wirtschaftlichkeitsrechnung, S. 5.

- Sind die erforderlichen Maschinen und (Spezial-)Werkzeuge rechtzeitig beschaffbar oder selbst herzustellen?

- Müssen entsprechende Räume erst noch errichtet bzw. gemietet werden?

- Erfordert eine zufriedenstellende Auslastung der vorhandenen bzw. zu schaffenden Kapazitäten einen bestimmten Mindestbedarf an Instandhaltungsleistungen und ist dieser gesichert?

- Sind Material und Ersatzteile bereits im Lager vorhanden bzw. können diese bereitgestellt werden?

- Existieren stabile Lieferantenbeziehungen für diese Produktionsfaktoren oder können diese aufgebaut werden?

- Hat die zuständige Beschaffungsabteilung die Kapazität, die Marktkenntnis und die spezifischen Kenntnisse der Instandhaltung für die Beschaffung?

- Sind fremde Unternehmen in der Lage, die benötigten Leistungen hinsichtlich Art, Qualität, Umfang und Termin entsprechend den Anforderungen auszuführen?

2. Wirtschaftlichkeitsrechnungen im Rahmen der periodenbezogenen Verfahrenswahl

Da sich langfristige relevante Verfahrensalternativen zumeist durch die Bereitstellung und den Einsatz unterschiedlicher Potentialfaktoren kennzeichnen lassen, tragen die diesbezüglich aufzustellenden Wirtschaftlichkeitsrechnungen vielfach den Charakter von Investitionsrechnungen[126]. Dies zeigt sich besonders dann deutlich, wenn zwischen mehreren unterschiedlichen Maschinen beispielsweise zur Verschleißbeseitigung[127] zu

126) Vgl. so auch MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 241f.

127) Vgl. hierzu z. B. die verschiedenen zur Reinigung einsetzbaren Anlagen, die in Abb. 5.2 aufgeführt sind.

wählen ist. Die verschiedenen Verfahren unterscheiden sich vor allem in den zu investierenden Beträgen einerseits und in den mit ihrem Einsatz verbundenen erfolgswirtschaftlichen Auswirkungen. Diese können etwa darin bestehen, daß die Kosten für die Durchführung einer einzelnen Instandhaltungsleistung (z. B. aufgrund eines geringeren Energieverbrauchs) abnehmen, daß die Dauer von Instandhaltungsleistungen verkürzt und damit möglicherweise einer Reduzierung der instandhaltungsdauerabhängigen Instandhaltungskosten und Verschleißwirkungen erreicht wird oder daß sich ein höheres Qualitätsniveau bzw. eine größere qualitative Homogenität der Instandhaltungsleistungen herbeiführen läßt[128]. Auf eine ausführlichere Erläuterung in diesen Fällen aufzustellender Investitionsrechnungen kann in dieser Arbeit verzichtet werden.

Vielmehr soll hier näher auf die für die Instandhaltung wichtige langfristige Wahl zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung bei unterschiedlichem Instandhaltungsbedarf eingegangen werden.

Bei Entscheidungen zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung auf lange Sicht sind einige Unterschiede gegenüber Wirtschaftlichkeitsrechnungen für die kurzfristige Wahl zu beachten. So muß man erstens davon ausgehen, daß in der Regel mit zunehmender Länge des Planungszeitraums die Unsicherheit der Daten und Informationen (verstanden als zweckgerichtet aufbereitete Daten) wächst. Zweitens sind insbesondere Entscheidungen für längere Zeiträume dadurch gekennzeichnet, daß sie die vorhandene Kapazität

---

128) Vgl. ähnlich MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 241. In diesen Fällen hat man allerdings auch zu beachten, daß aufgrund dieser erfolgswirtschaftlich relevanten Auswirkungen eine Änderung der jeweiligen Instandhaltungspolitiken erforderlich werden kann, die dann wiederum zu einem anderen Instandhaltungsbedarf führen. Es sind somit Wechselbeziehungen zwischen der Festlegung der Instandhaltungspolitiken und der langfristigen Verfahrenswahl zu berücksichtigen.

und Betriebsbereitschaft[129] nicht als Datum in die Wirtschaftlichkeitsrechnung eingehen lassen, sondern gerade deren Veränderlichkeit eine wesentliche Entscheidungsvariable ist. Hieraus folgt drittens unmittelbar, daß bei dem langfristig ausgelegten Wahlproblem nicht mehr nur die Leistungskosten sondern auch die Bereitschaftskosten[130] als relevante Kosten in den Kalkül aufgenommen werden müssen[131]. Die Bereitschaftskosten sind - anders als die Leistungskosten - aufgrund ihres Quantencharakters nur zu bestimmten Terminen, in bestimmten Intervallen und in bestimmten Sprüngen veränderbar[132]. Viertens ist für langfristige Entscheidungen von besonderer Wichtigkeit, daß Informationen über Art, Umfang, Dauer und mengenmäßig-zeitliche Struktur des Bedarfs an Instandhaltungsleistungen bereitgestellt werden[133], was auf lange Sicht erheblich größere Probleme als bei kurzfristiger Betrachtung aufwirft. Ebenso sind auch die eingangs dieses Kapitels aufgeführten anderen Voraussetzungen mit besonderer Sorgfalt zu prüfen.

Im folgenden sollen anhand einiger Beispiele Möglichkeiten der Aufstellung von Wirtschaftlichkeitsrechnungen für langfristige Entscheidungen zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung aufgezeigt werden. Dabei werden ins-

---

129) Vgl. zur Unterscheidung zwischen Kapazität und Betriebsbereitschaft etwa RIEBEL, Paul: Eigen- oder Fremdtransport, S. 43f.

130) Vgl. zum Begriff den Abschnitt B des ersten Kapitels dieser Arbeit.

131) Vgl. z. B. KRÜGER, Gerhard: Betriebswirtschaftliche Überlegungen zur Frage Eigenerstellung oder Fremdbezug von Leistungen, in: Gegenwartsfragen der Unternehmensführung, hrsg. von Hans-Joachim ENGELLEITER Herne/Berlin 1966, S. 479-497, hier S. 491f.;

132) Vgl. dazu vor allem RIEBEL, Paul: Die Bereitschaftskosten in der entscheidungsorientierten Unternehmerrechnung, in: ZfbF, 22. Jg. (197o), S. 372-386; LAYER, Manfred: Möglichkeiten und Grenzen der Anwendbarkeit der Deckungsbeitragsrechnung im Rechnungswesen der Unternehmung, Berlin 1967, insbes. S. 74-79; REICHMANN, T.: Kosten- und Preisgrenzen, S. 62-7o und S. 112-115.

133) Vgl. ähnlich MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 242f.

besondere unterschiedliche Bedarfe an Instandhaltungsleistungen angenommen. Diese resultieren vor allem aus der verschiedenartigen Festlegung der Instandhaltungspolitiken[134], so daß sich der Gesamtbedarf an Instandhaltungsleistungen in der Planungsperiode aus mehreren "Bedarfskategorien" zusammensetzt, für die auch unterschiedliche Vorgehensweisen im Rahmen von Wirtschaftlichkeitsrechnungen zu wählen sind. Für die Bildung solcher Bedarfskategorien ist insbesondere der Grad der Sicherheit über den Umfang, die Dauer und die mengenmäßig-zeitliche Struktur des Bedarfs heranzuziehen, die sich etwa folgendermaßen konkretisieren lassen:

(A) gleichmäßiger, bezüglich Umfang und Dauer mit Sicherheit bekannter Bedarf,

(B) gleichmäßiger, bezüglich Umfang und Dauer unsicherer Bedarf,

(C) schwankender, bezüglich mengenmäßig-zeitlicher Struktur und Dauer mit Sicherheit bekannter Bedarf,

(D) schwankender, bezüglich mengenmäßig-zeitlicher Struktur und Dauer unsicherer Bedarf und

(E) völlig ungewisser Bedarf.

Für die folgenden Wirtschaftlichkeitsrechnungen wird unterstellt, daß der Bedarf in Zeiteinheiten der Inanspruchnahme des Instandhaltungspersonals bzw. fremder Unternehmen (als Durchschnittswert) angegeben werden kann, daß weiterhin ein Bedarf über die Planperiode hinaus besteht, daß bei Eigeninstandhaltung vornehmlich Personalkosten anfallen während bei Fremdinstandhaltung den fremden Handwerkern Material, Ersatzteile, Energien usw. "beigestellt" werden[135], so daß solche Leistungskosten

---

134) Vgl. hierzu den Abschnitt A des vierten Kapitels dieser Arbeit.
135) Vgl. dazu SCHILLING, H.: Planmäßige Anlagenpflege, S. 38.

für beide Alternativen in gleicher Höhe entstehen und damit irrelevant sind.

Für die beispielhaft durchzuführenden Wirtschaftlichkeitsrechnungen sei generell von folgenden Daten ausgegangen:

(1) Länge des Planungszeitraums : 1 Jahr

(2) durchschnittlich geleistete Stunden eines Handwerkers : 150 Std./Monat

(3) Relevante Bereitschaftskosten für
- einen Handwerker : 3.000,- DM/Monat
- je einen Meister und einen Arbeitsplaner (-vorbereiter) : 4.000,- DM/Monat

(4) Kündigungsfristen und -termine für
- Handwerker : 1 Monat zum Quartalsende
- Meister und Arbeitsplaner : 1 Quartal zum Halbjahresende.

In der Tab. 5.3 sind die Alternativen für die Befriedigung eines gleichmäßigen, sicheren Bedarfs - Beispiel (A) - sowie die dadurch verursachten Kosten aufgeführt.

Der Verlauf der Kosten bei Wahl der kostengünstigsten Alternative ist in Abb. 5.4 dargestellt, in der insbesondere der Quantencharakter der Bereitschaftskosten bei Eigeninstandhaltung zum Ausdruck gebracht wird.

Im Gegensatz zum Fall (A) wird im Beispiel (B) angenommen, daß der Bedarf zwar in der Planperiode weitgehend gleichmäßig auftritt, der Umfang dieses Bedarfs jedoch nicht mit Sicherheit bekannt ist.

Sofern über den Umfang des Bedarfs eine Wahrscheinlichkeitsverteilung existiert, ist es zweckmäßig, sich bei der Wahl zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung am Erwartungswert des Bedarfs zu orientieren.

Ist demgegenüber noch unbekannt, welchen Umfang der Bedarf annehmen wird, bietet es sich für die Wahl zwischen

Tab. 5.3: Beispielhafte Darstellung der Verfahrenswahl bei gleichmäßigem, bekanntem Instandhaltungsbedarf - Beispiel (A) -

Beispieldaten:

Bedarf	Aufgrund der Leistungsplanung hat sich ein Bedarf von 1.800 Stunden je Teilperiode (Monat) des Planungszeitraumes (1 Jahr) ergeben. Bezogen auf die Planungsperiode besteht somit ein Bedarf von 21.600 Stunden.
Vorhandene Kapazität	Dem betreffenden (z.B. berufsbezogenen) Teilbereich der Instandhaltung stehen zur Zeit 1 Meister, 1 Arbeitsplaner und 10 Handwerker zur Verfügung. 1 Meister und 1 Arbeitsplaner können maximal den Einsatz von 20 Handwerkern planen und kontrollieren.
Kosten der Fremd-instandhaltung	Die Kosten für einen bei ausschließlicher Fremdinstandhaltung abzuschließenden Jahresvertrag mit einem fremden Instandhaltungsbetrieb betragen 525.000 DM in der Planperiode. Wird der fremde Betrieb nur stundenweise (auftragsweise) in Anspruch genommen, sind je Stunde 25 DM zu zahlen.

Verfahrensalternativen:

(a) Ausschließliche Fremdinstandhaltung

(b) Ausschließliche Eigeninstandhaltung durch

- (ba) Aufstockung der Zahl der Eigenhandwerker auf 12
- (bb) Aufstockung der Zahl der Eigenhandwerker auf 11 und Deckung des Restbedarfs durch Oberstunden (Kosten je Oberstunde: 16 DM)
- (bc) Beibehaltung der vorhandenen personellen Kapazität und Deckung des Restbedarfs durch Oberstunden

(c) Gleichzeitig Eigen- und Fremdinstandhaltung durch

- (ca) Beibehaltung der vorhandenen personellen Kapazität und Deckung des Restbedarfs durch Fremdinstandhaltung
- (cb) Aufstockung der Zahl der Eigenhandwerker auf 11 und Deckung des Restbedarfs durch Fremdinstandhaltung
- (cc) Beibehaltung der vorhandenen personellen Kapazität und Deckung des Restbedarfs teils durch Oberstunden, teils durch Fremdinstandhaltung

Kosten / Alternativen	Personal- und Fremdinstandhaltungskosten der Planperiode							
	Personalkosten der Eigeninstandhaltung für					Σ	Kosten der Fremdinstandhaltung		Σ
	1 Meister und 1 Arbeitsplaner	die Handwerker					Zahl der Fremdinstandhaltungsstunden	Kosten der Fremdinstandhaltung	
		Zahl der Handwerker	Kosten der Handwerker	Überstundenzahl	Überstundenkosten	Sp. 1) + Sp. 3) + Sp. 5)			Sp. 6) + Sp. 8)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(a)	-	-	-	-	-	-	1)	525.000	525.000
(ba)	96.000	12	432.000	-	-	528.000	-	-	528.000
(bb)	96.000	11	396.000	1.800	28.800	520.800	-	-	520.800
(bc)	96.000	10	360.000	3.600	2)				
(ca)	96.000	10	360.000	-	-	456.000	1.800	45.000	501.000
(cb)	96.000	11	396.000	-	-	492.000	1.800	45.000	537.000
(cc)	96.000	10	360.000	1.800	3)	484.800	1.800	45.000	529.800

1) Irrelevant, da der Vertrag für die Gesamtheit der zur Disposition stehenden Leistungen der Planperiode abgeschlossen wird.

2) In diesem Fall wären 3.600 Überstunden im Jahr bzw. 300 Überstunden je Monat zu leisten. Das bedeutet, daß jeder der zehn Handwerker 30 Überstunden je Monat zu leisten hätte. Das widerspräche jedoch gesetzlichen und tariflichen Bestimmungen. Es sei angenommen, daß die Höchstgrenze für Überstunden auf 10 Prozent der "Normalstunden" aufgrund gesetzlicher oder tariflicher Bestimmungen festgelegt sei.

3) Da Überstunden geringere zusätzliche Kosten als die (einzelnen) Fremdinstandhaltungsstunden verursachen, ist es zweckmäßig, die Oberstunden so weit wie möglich (10 Prozent der Normalstunden) auszudehnen und nur den Restbedarf durch Fremdinstandhaltung abzudecken.

Als günstigste Alternative ist somit die Alternative (bb) zu wählen.

völliger Eigen- oder vollständiger Fremdinstandhatlung an, jenes Ausmaß des Bedarfs zu ermitteln, ab dem bzw. bis zu dem die Eigeninstandhaltung die günstigere Alter-

Abb. 5.4: Graphische Darstellung des Kostenverlaufs bei Wahl der günstigsten Verfahrensalternative - Beispiel (A) -

native ist. Ein geeignetes Verfahren hierzu ist die Break-Even-Analyse[136]. Dabei ist unterstellt, daß über den Umfang des Bedarfs eine untere (14.4oo Std.) und

136) Vgl. hierzu etwa TUCKER, Spencer, A.: Einführung in die Break-Even-Analyse, deutsche Bearbeitung von Albrecht DEYHLE, München 1973, zur Anwendung auf die Wahl zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug insbes. S. 264-27o. Vgl. ferner WEINWURM, Ernest, H.: Break-Even-Analysis, in: Handwörterbuch des Rechnungswesens, hrsg. von Erich KOSIOL, Stuttgart 197o, Sp. 3o2-3o7; KERN, Werner: Break-Even-Analysis, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, hrsg. von Erwin GROCHLA und Waldemar WITTMANN, 4. Aufl., Bd. I/1, Stuttgart 1974, Sp. 992-998; KLEINBECKEL, Herbert: Break-Even-Analysen, in: ZfbF, 28. Jg. (1976), Heft 3, (Kontaktstudium), S. 51-58.

eine obere (27.000 Std.) Grenze bekannt ist. Tab. 5.4 enthält für unterschiedliche Größen des Bedarfs die entsprechende Aufstellung der Eigen- und Fremdinstandhaltungskosten, die in Abb. 5.5 graphisch dargestellt ist.

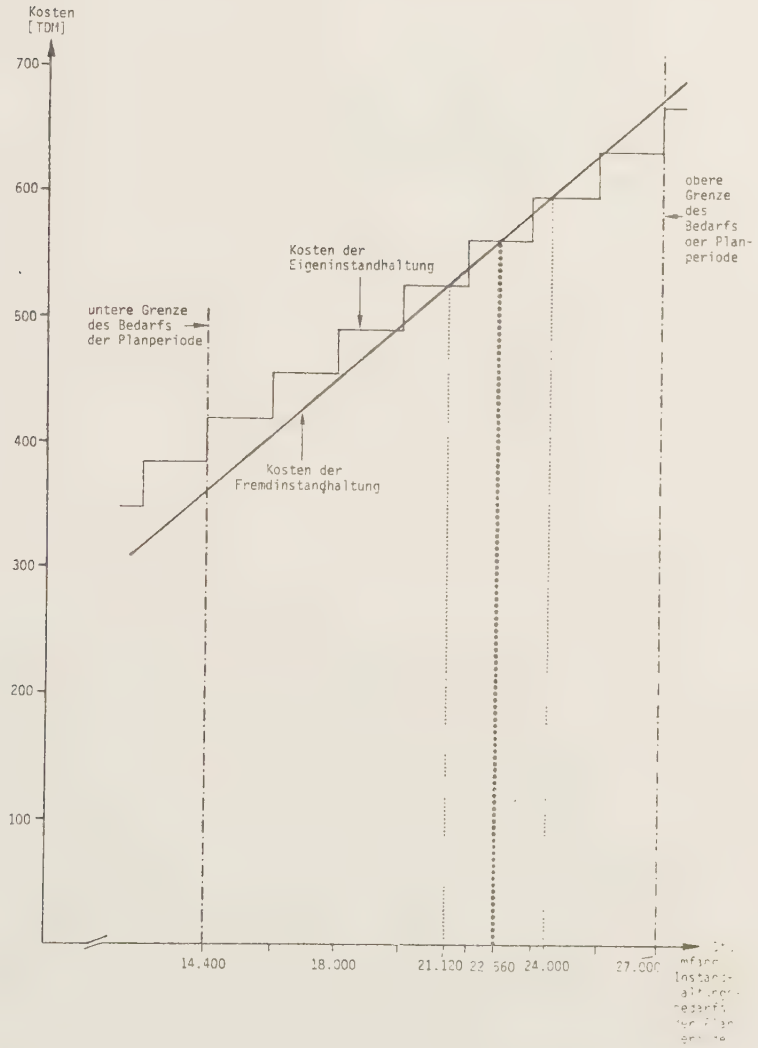
Tab. 5.4: Ermittlung der bei völliger Eigen- oder Fremdinstandhaltung in Abhängigkeit vom unbekannten Umfang des Bedarfs anfallenden relevanten Kosten - Beispiel (B) -

Bedarf der Planperiode [Std.]	Eigeninstandhaltung		Kosten der Fremdinstandhaltung kumuliert [DM]
	Zahl der Handwerker	Kosten kumuliert [DM]	
1 bis 1.800	1	132.000 *	25 bis 45.000
bis 3.600	2	168.000	bis 90.000
bis 5.400	3	204.000	bis 135.000
bis 7.200	4	240.000	bis 180.000
bis 9.000	5	276.000	bis 225.000
bis 10.800	6	312.000	bis 270.000
bis 12.600	7	348.000	bis 315.000
bis 14.400	8	384.000	bis 360 000
bis 16.200	9	420.000	bis 405.000
bis 18.000	10	456.000	bis 450.000
bis 19.800	11	492.000	bis 495.000
bis 21.600	12	528.000	bis 540.000
bis 23.400	13	564.000	bis 585.000
bis 25.200	14	600.000	bis 630.000
bis 27.000	15	636.000	bis 675.000

* Auch in diesem Beispiel wird angenommen, daß jeweils ein Meister und Arbeitsplaner benötigt werden, für die unabhängig vom Umfang des Bedarfs 96.000 DM Bereitschaftskosten in der Planperiode anfallen.

Hieraus ergibt sich, daß bis zu einem Bedarf von 19.680 Stunden, bei einem Bedarf zwischen 19.800 Stunden und 21.120 Stunden, zwischen einem Bedarf von 21.600 und 22.560 Stunden sowie zwischen einem Bedarf von 23.400 und 24.000 Stunden und schließlich zwischen einem Bedarf von 25.200 und 25.440 Stunden die Fremdinstandhaltung die günstigere Alternative ist. Diese theoretisch exakten Werte sind wegen der Unsicherheit des Bedarfs jedoch nur bedingt eine gute Entscheidungshilfe. Insbesondere dann, wenn für die aufgrund dieser Analyse zu treffende Wahl zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung nur ein geringer Unterschied des Bedarfsumfangs ausschlaggebend wird (wie

Abb. 5.5: Graphische Darstellung des Kostenverlaufs bei völliger Eigen- oder Fremdinstandhaltung
- Beispiel (B) -



etwa zwischen einem Bedarf von 19.68o und 198oo Std.), ist die Entscheidung mit einem herheblichen Risiko behaftet. Daher bietet es sich im Beispiel unter Inkaufnahme eines verhältnismäßig geringen Risikos einer Fehlentschei-

dung etwa an, sich im Bereich bis 21.12o Std. für die Fremdinstandhaltung und im Bereich ab 24.ooo Std. für die Eigeninstandhaltung zu entscheiden. Nimmt der Bedarf eine Größenordnung zwischen 21.12o und 24.ooo Std. an, hat man von der Wahrscheinlichkeitsverteilung für den Umfang des Bedarfs innerhalb dieses Bereichs auszugehen und sich (am Erwartungswert orientiert) zu entscheiden. Für praktische Problemstellungen wird es allerdings unter Inkaufnahme gegebenenfalls vergleichsweise geringer wirtschaftlicher Nachteile zweckmäßig sein, sich daran auszurichten, ob der Bedarf den Umfang von 22.56o Std. erreichen wird oder nicht. Für die Entscheidung über Eigen- oder Fremdinstandhaltung hat sich das Problem der Informationsbeschaffung somit dahingehend reduziert, daß Daten nur darüber bereitzustellen sind, ob der Bedarfsumfang den so ermittelten Schwellenwert über- oder unterschreiten wird.

Umfangreichere Ügerlegungen sind im Hinblick auf die Wahlentscheidung zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung dann anzustellen, wenn der Bedarf schwankt. Insbesondere in diesem Fall wird es sich häufig anbieten, die Instandhaltungsleistungen nicht nur von eigenen oder ausschließlich von fremden Instandhaltungsbetrieben ausführen zu lassen, sondern beide Alternativen gleichzeitig (nebeneinander) zur Anwendung kommen zu lassen. Welche Möglichkeiten sich dadurch eröffnen, sei am Beispiel (C) eines schwankenden, aber bekannten Bedarfs aufgezeigt. Über den Umfang des Bedarfs in den einzelnen Teilperioden des Planungszeitraumes gibt Tab. 5.5 Aufschluß. Sie enthält außerden die Ermittlung der Kosten bei völliger Fremdinstandhaltung. Würde der Bedarf ausschließlich durch Eigeninstandhaltung gedeckt und die Kapazität des betreffenden Teilbereichs der Instandhaltung auf den Spitzenbedarf ausgerichtet, so müßten zu den vorhandenen 15 Handwerkern (und je einem Meister und Arbeitsplaner) 3 weitere Handwerker eingestellt werden. Die Abb. 5.6 zeigt, daß im Fall einer ausschließlichen Eigen- oder Fremdinstandhaltung der Eigeninstandhaltung der Vorzug zu geben

Tab. 5.5: Ermittlung des Bedarfsumfangs in den einzelnen Teilperioden des Planungszeitraumes und der bei ausschließlicher Fremdinstandhaltung anfallenden Kosten - Beispiel (C) -

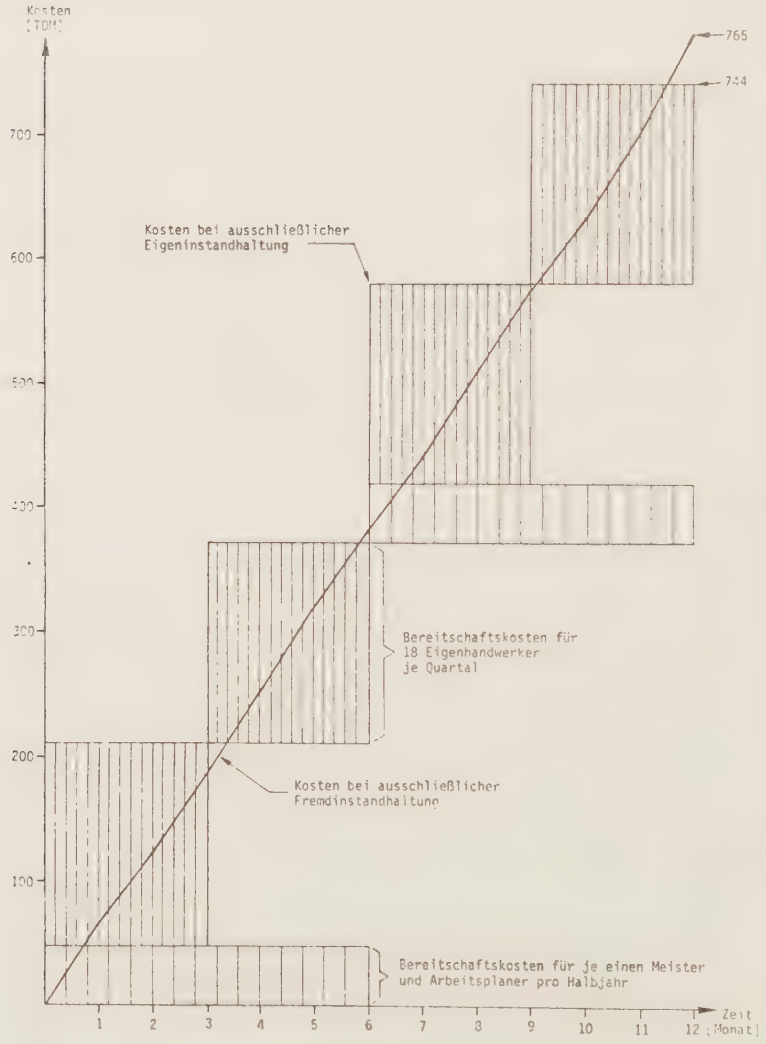
Monat	Bedarf [Std.]	Kosten der Fremdinstand-haltung[DM]
1	2.600	65.000
2	2.300	57.500
3	2.500	62.500
4	2.600	65.000
5	2.700	67.500
6	2.500	62.500
7	2.400	60.000
8	2.600	67.500
9	2.600	65.000
10	2.400	60.000
11	2.700	67.500
12	2.600	65.000
	30.600	765.000

ist[137].

Es bleibt jedoch zu untersuchen, ob nicht der gleichzeitige Einsatz von eigenen und fremden Handwerkern kostengünstigere Alternativen eröffnet. Diese könnten etwa darin bestehen, die vorhandene Kapazität von 15 Handwerkern beizubehalten (womit allerdings in keiner Teilperiode der Bedarf vollständig gedeckt werden könnte) und für den jeweiligen Restbedarf fremde Unternehmen in Anspruch zu nehmen. Eine zweite und dritte Möglichkeit ergeben sich aus einer Erhöhung der Handwerkerzahl auf 16 oder 17. Aus Tab. 5.5 a sind für alternative eigene Handwerkerkapazitäten der durch Fremdinstandhaltung zu deckende Restbedarf und die daraus resultierenden Kosten der Fremdinstandhaltung ersichtlich. Tab. 5.5 b enthält die durch alternative eigene Kapazitäten verursachten Eigen-, Fremd- und Gesamtinstandhaltungskosten der Planperiode. Als günstigste Alternative er-

137) Die Eigeninstandhaltung verursacht dann Kosten in Höhe von 744.000 DM/Jahr (2 · 48.000 + 18 · (3.000 · 3) · 4 = 96.000 + 162.000 · 4) gegenüber 765.000 DM/Jahr Fremdinstandhaltungskosten.

Abb. 5.6: Graphische Darstellung des Kostenverlaufs bei völliger Eigen- oder Fremdinstandhaltung - Beispiel (C) -



weist sich hier jene, bei der die vorhandene Handwerkerkapazität für die gesamte Planperiode durch Einstellung eines zusätzlichen Handwerkers auf 16 Handwerker erhöht

Tab. 5.6 a: Ermittlung der Fremdinstandhaltungskosten bei alternatigen eigenen Instandhaltungskapazitäten - Beispiel (C) -

lfd. Nr.	Monat	Bedarf	Durch Fremdinstandhaltung zu deckender Restbedarf (in Std.) bei alternativer Zahl der Eigenhandwerker			Fremdinstandhaltungskosten (in DM) in Abhängigkeit von der Zahl der Eigenhandwerker		
			15	16	17	15	16	17
1	1	2.600	350	200	50	8.750	5.000	1.250
2	2	2.300	50	-	-	1.250	-	-
3	3	2.500	250	100	-	6.250	2.500	-
4	4	2.600	350	200	50	8.750	5.000	1.250
5	5	2.700	450	300	150	11.250	7.500	3.750
6	6	2.500	250	100	-	6.250	2.500	-
7	7	2.400	150	-	-	3.750	-	-
8	8	2.700	450	300	150	11.250	7.500	3.750
9	9	2.600	350	200	50	8.750	5.000	1.250
10	10	2.400	150	-	-	3.750	-	-
11	11	2.700	450	300	150	11.250	7.500	3.750
12	12	2.600	350	200	50	8.750	5.000	1.250
13	Σ	30.600	3.600	1.900	650	90.000	47.500	16.250

Tab. 5.6 b: Ermittlung der Eigen-, Fremd- und Gesamtinstandhaltungskosten der Planperiode in Abhängigkeit von der Zahl der Eigenhandwerker - Beispiel (C) -

Zahl der Eigenhandwerker / Kosten	15	16	17
Eigeninstandhaltungskosten	636.000	672.000	708.000
Fremdinstandhaltungskosten	90.000	47.500	16.250
Gesamtinstandhaltungskosten	726.000	719.500	724.250

und der Restbedarf durch Fremdinstandhaltung abgedeckt wird.

Angesichts des schwankenden Bedarfs reicht diese Untersuchung jedoch noch nicht aus. Es ist nämlich zu überprüfen, ob nicht durch einen zeitweiligen - nur auf bestimmte Teilperioden bezogenen - Aufbau bzw. Abbau der

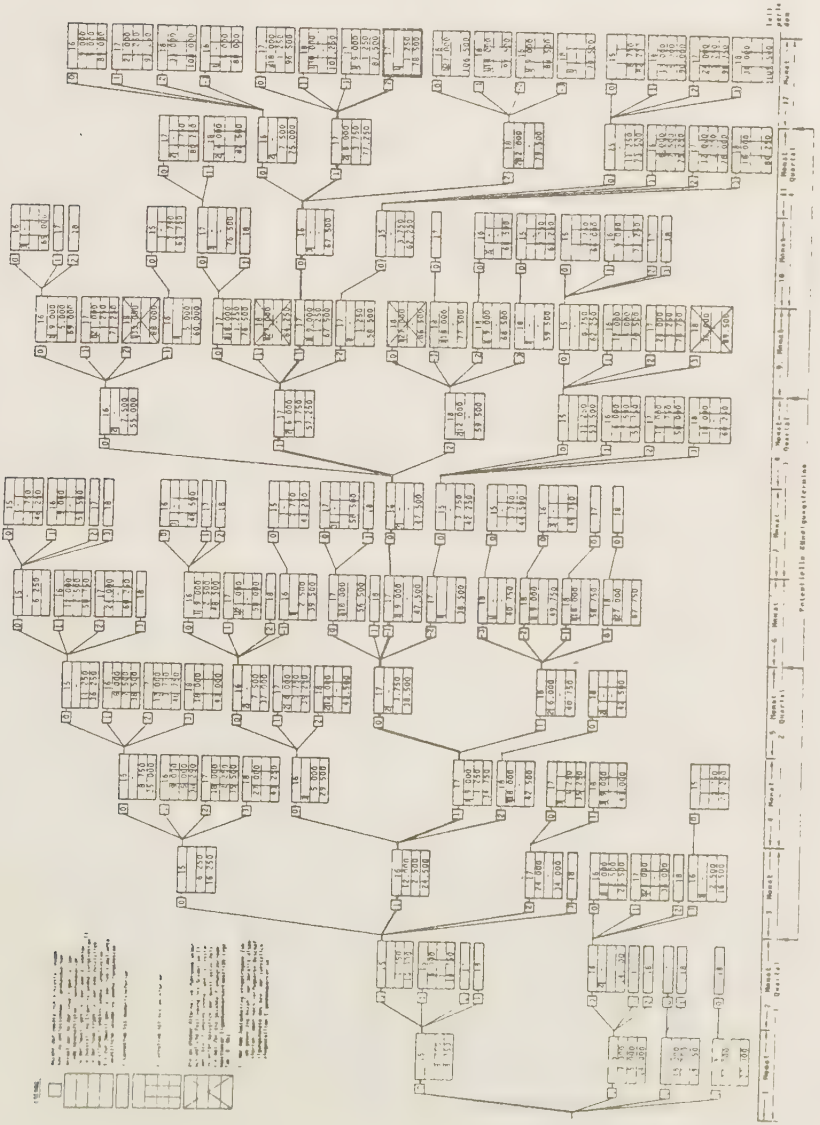
eigenen Instandhaltungskapazität (etwa auch durch innerbetriebliche Umsetzungen) eine noch günstigere Alternative existiert. Hierzu wird in Abb. 5.7 mit Hilfe eines Entscheidungsbaumverfahrens[138] eine begrenzte Enumeration durchgeführt. Dabei wird davon ausgegangen, daß zum Beginn jeder Teilperiode ein, zwei oder maximal drei Handwerker eingestellt werden können und nur zum Ende eines Quartals die Handwerkerzahl auf bis zu 15 reduzierbar ist. Würde die Handwerkerzahl unter 15 sinken oder 18 übersteigen, ergäben sich auf jeden Fall kostenungünstigere Strukturen (wie aus der Abb. 5.6 und den Tab. 5.6 a und 5.6 b zu ersehen ist). Es wird außerdem vereinfachend unterstellt, daß der Auf- oder Abbau der Kapazität keine zusätzlichen Kosten (z. B. Einstellungskosten) verursacht. Bei der hier gleichzeitig durchzuführenden Festlegung der eigenen Instandhaltungskapazität einerseits und der langfristigen Wahl zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung andererseits werden nur die Kosten berücksichtigt, die über die von dieser Wahlentscheidung unabhängigen Kosten (in Höhe von DM 636.000,- für die Planperiode - für 15 Handwerker sowie 1 Meister und 1 Arbeitsplaner - zur Aufrechterhaltung der eigenen Instandhaltungsbasiskapazität) hinaus zusätzlich anfallen.

Zu Beginn der ersten Teilperiode besteht dann grundsätzlich die Wahlmöglichkeit, keinen, einen, zwei oder drei Eigenhandwerker zusätzlich einzustellen. An jeden zusätzlichen Eigenhandwerker ist man mindestens drei Monate gebunden, so daß in Abhängigkeit von der Anzahl der zusätzlichen Eigenhandwerker zu Beginn der ersten Teilperiode über 0, 9.000, 18.000 oder 27.000 DM an zusätzlichen (Bereitschafts-)Kosten disponiert wird. Ebenfalls in Abhängigkeit von der Zahl der zusätzlichen Eigenhandwerker, gleichzeitig aber auch von der Höhe des Bedarfs der ersten Teilperiode fallen zusätzliche Fremdinstandhaltungskosten in Höhe von 8.750, 5.000, 1.250 oder 0 DM

---

138) Vgl. zu den Entscheidungsbaumverfahren z. B. MÜLLER-MERBACH, Heiner: Optimale Reihenfolgen, Berlin-Heidelberg-New York 1970, S. 27-34.

Abb. 5.7: In Abhängigkeit von einem innerhalb der Planperiode schwankenden bekannten Instandhaltungsbedarf auf einzelne Teilperioden bezogen unterschiedliche Festlegung des Grades an Eigen- bzw. Fremdinstandhaltung unter Berücksichtigung der Kündigungsfristen und Bindungsdauern für den Auf- und Abbau eigener personeller Potentiale



an (vgl. Tab. 5.6 a). Über die Vorteilhaftigkeit der einzelnen Alternativen kann jedoch zum Beginn der ersten Teilperiode anhand dieser Informationen noch nicht entschieden werden. Denn eine fundierte Wahlentscheidung hat die Auswirkungen dieser Alternativen in den Folgeperioden zu beachten.

Zu Beginn der zweiten Teilperiode können wiederum kein, ein, zwei oder drei Eigenhandwerker eingestellt werden, wenn zu Beginn der ersten Teilperiode kein zusätzlicher Eigenhandwerker eingestellt wird. Sofern zu Beginn der ersten Teilperiode ein Eigenhandwerker zusätzlich eingestellt wurde, reduzieren sich die Alternativen auf die Einstellung keines, eines oder zweier zusätzlicher Eigenhandwerker, da mehr als 18 Handwerker zu beschäftigen - wie oben schon angesprochen - unwirtschaftlich wäre. Entsprechend verringern sich die Planungsalternativen bei zu Beginn der ersten Teilperiode zwei (bzw. drei) zusätzlich eingestellten Handwerkern darauf, keinen oder einen (bzw. keinen) zusätzlichen Eigenhandwerker einzustellen. Die - bezogen auf eine vollständige Eigeninstandhaltung - zusätzlich in Kauf zu nehmenden Fremdinstandhaltungskosten errechnen sich wie bereits ausgeführt.

Von den auf diese Weise aufgelisteten Entscheidungsalternativen für die ersten beiden Teilperioden können einige als eindeutig (bedarfs- oder kosten-)inferior ausgesondert werden, wodurch sich der Entscheidungsprozeß verkürzt. Im Beispiel der Abb. 5.7 sind dies etwa bei zu Beginn der ersten Teilperiode keinem zusätzlichen eingestellten Eigenhandwerker die Beschäftigung von zwei oder drei zusätzlichen Eigenhandwerkern in der folgenden Teilperiode, da der Bedarf schon mit 16 Handwerkern ohne Inkaufnahme zusätzlicher Fremdinstandhaltungskosten gedeckt werden kann (die zu einer solchen Bedarfsüberdeckung führenden bedarfsinferioren Alternativen sind in der Abb. 5.7 dadurch gekennzeichnet, daß auf den Ausweis der zusätzlichen Eigen- und Fremdinstandhaltungskosten sowie des kumulierten Kostenbetrags verzichtet wird). Im Beispiel verbleiben danach zunächst als Wahlmöglichkeiten die zu-

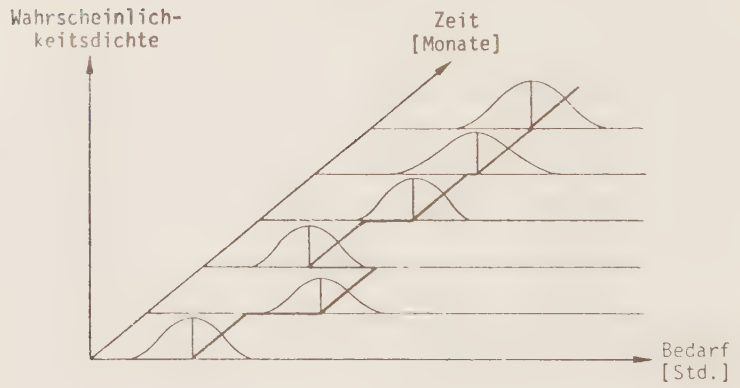
sätzliche Einstellung keines oder eines Eigenhandwerkers zu Beginn der ersten Teilperiode. Über diese Alternativen kann allerdings noch nicht endgültig entschieden werden. In der zweiten Teilperiode kann jedoch eine weitere Alternative - die Einstellung eines zusätzlichen Eigenhandwerkers bei Nichteinstellung von zusätzlichen Handwerkern zu Beginn der ersten Teilperiode - als kosteninferior ausgeschieden werden, da der Bedarf mit insgesamt 16 Eigenhandwerkern kostengünstiger (bei gleicher (Rest-)Bindungsdauer der Bereitschaftskosten) durch die Einstellung eines zusätzlichen Eigenhandwerkers zu Beginn der ersten Teilperiode und Nichteinstellung weiterer Handwerker zu Beginn der zweiten Periode gedeckt werden kann (diese kosteninferioren Alternativen sind durch senkrechte Schraffur des betreffenden Feldes gekennzeichnet).

Die weitere Struktur des Entscheidungsbaumes ist entsprechend aufgebaut. Zu berücksichtigen ist nur noch, daß zum Ende der zweiten (fünften, achten und elften) bzw. zu Beginn der dritten (sechsten, neunten und zwölften) Teilperiode Kündigungen möglich sind, die jeweils zum Quartalsende wirksam werden.

Es zeigt sich, daß durch diese simultane Planung der eigenen Instandhaltungskapazität und der Wahl zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung tatsächlich eine kostengünstigere Alternative (retrograd) gefunden werden kann, wie sie aus Abb. 5.7 hervorgeht (die optimalen Alternativen sind durch eine stärkere Strichführung untereinander verbunden).

Ist der schwankende Bedarf (Beispiel (D)) entgegen der bisherigen Annahme nicht mit Sicherheit bekannt, so kann - sofern Wahrscheinlichkeitsverteilungen für den Bedarf jeder Teilperiode vorliegen - von dem jeweiligen Erwartungswert ausgegangen (vgl. dazu Abb. 5.8) und das zuletzt beschriebene Verfahren ebenfalls angewendet werden.

Abb. 5.8: Die Ermittlung des Bedarfs je Teilperiode des Planungszeitraumes als Erwartungswert der jeweiligen auf die Teilperioden bezogenen Wahrscheinlichkeitsverteilungen für den Bedarfsumfang



Schließlich besteht noch die Möglichkeit, daß die Dauer des Bedarfs unbekannt ist, obwohl der Bedarfsumfang - in gleichmäßiger oder schwankender Höhe - (weitgehend) sicher ist. Diese Problemstellung läßt sich, ähnlich wie die im Fall der unbekannten Höhe des Bedarfs, mit Hilfe des Instrumentes der Break-Even-Analyse lösen[139].

Sind über den Bedarf der Planperiode keinerlei Informationen vorhanden (Fall (E)), kann man sich allenfalls an den Werten der Vergangenheit orientieren.

---

139) Vgl. zur Anwendung dieses Verfahrens auf das angesprochene Problem der Wahl zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug MÄNNEL, W.: Die Wahl zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug, insbes. das 11. Kapitel.

II. Periodenbezogene Termin- und Reihenfolgeplanung für Instandhaltungsleistungen

1. Aufgaben und Grundprobleme der Terminplanung

Die periodenbezogene Instandhaltungs-Terminplanung hat einerseits die Durchführungstermine für die geplanten Instandhaltungsleistungen entsprechend der jeweiligen Instandhaltungspolitik festzulegen. Andererseits sind (zusätzlich) die Aufträge zu terminieren, die ausfallschadensbedingt auszuführen sind.

Im Hinblick auf die aus der Auswahl und Gestaltung der Instandhaltungspolitiken resultierenden geplanten Aufträge ergeben sich bei der Bewältigung dieser Aufgabe für vergleichsweise lange Planungszeiträume zunächst ähnliche (Prognose-)Probleme wie für die periodenbezogene Instandhaltungsprogrammplanung[139]. Aber auch bei relativ kurzen Planperioden bereitet die Fixierung konkreter Ausführungstermine in mehrfacher Hinsicht Schwierigkeiten. Diese ergeben sich vor allem daraus, daß den Entscheidungen über die jeweiligen Instandhaltungspolitiken aufgrund deren in der Regel langfristiger Ausrichtung nur durchschnittlich zu erwartende Werte für die Instandhaltungskosten und die ökonomisch relevanten Verschleißwirkungen zugrunde liegen können. Davon können die bei der periodenbezogenen Terminplanung ebenfalls zu berücksichtigenden Ausprägungen dieser Erfolgsvariablen abweichen. Sofern die Instandhaltungskosten oder Verschleißwirkungen gegenüber der bei der Planung der Instandhaltungspolitik unterstellten Größenordnung sinken oder steigen, hat man dementsprechend eine Verlagerung der Instandhaltungstermine vorzunehmen.

Die Ursachen für solche möglicherweise auftretenden Abweichungen können dabei sehr verschiedenartig sein. So hängen die Verschleißwirkungen außer von den durch die

---

14o) Vgl. hierzu den Abschnitt B I. des vierten Kapitels dieser Arbeit.

Instandhaltung nicht (unmittelbar) beeinflußbaren Bestimmungsfaktoren bei einem Ausfall der betreffenden Anlage vor allem von der Dauer für die Ausführung der Instandhaltungsleistungen ab. Diese läßt sich (zumindest annähernd) exakt jedoch erst in Abhängigkeit von kurzfristigen Entscheidungen - wie insbesondere der Festlegung der Abfolge der einzelnen Tätigkeiten und der Verfahrenswahl - bestimmen[141]. Da hiervon auch die Instandhaltungskosten beeinflußt werden, lassen sich die Durchführungstermine konkret nur unter Beachtung dieser Entscheidungen festlegen. Andererseits ist zu bedenken, daß insbesondere bei Eigeninstandhaltung die für die verschiedenen Verfahren zur Verfügung stehenden Kapazitäten begrenzt sind. Die notwendige Abstimmung mit diesen Kapazitäten (durch Wahl eines anderen, keinen Engpaß darstellenden Verfahrens oder durch Verschieben der Leistungsausführung) führt dann dazu, daß sich Verfahrenswahl und Terminplanung im Grunde nicht mehr trennen lassen[142].

Zusätzlich wird die periodenbezogene Terminplanung durch zumindest bezüglich des Zeitpunktes ungeplant auszuführende Instandhaltungsleistungen erschwert. Zum einen lassen sich diese nämlich nur sehr kurzfristig berücksichtigen. Zum anderen können sie das Abstimmungsproblem zwischen Terminplanung und Verfahrenswahl noch komplexer werden lassen. Dies gilt vor allem dann, wenn die geplanten und ungeplanten Instandhaltungsleistungen um knappe, bestimmte Verfahren repräsentierende Kapazitäten konkurrieren. Dann sind die Kosten eines Aufschubs sowohl der ungeplanten als auch der geplanten Instandhaltungsaufträge mit den erfolgswirtschaftlichen Nachteilen der Anwendung eines ansonsten in Anspruch zu nehmenden anderen (ungünstigeren) Verfahrens zu vergleichen.

---

141) Vgl. zu anderen Einflüssen auf die Dauer von Instandhaltungsmaßnahmen den Abschnitt A II. dieses Kapitels.

142) Vgl. ähnlich hierzu MÄNNEL, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen, S. 24of.

Ein weiteres Problem ergibt sich für die Terminplanung daraus, daß vielfach auch die Reihenfolge der Durchführung von Instandhaltungsleistungen sowohl die Instandhaltungskosten als auch die nachteiligen ökonomischen Verschleißwirkungen beeinflußt (worauf im folgenden Abschnitt noch ausführlicher eingegangen wird). In diesem Fall kann eine bereits vollzogene, mit der Verfahrenswahl abgestimmte Terminierung von Instandhaltungsaufträgen aufgrund der zusätzlich zu beachtenden reihenfolgeabhängigen Einflüsse auf die Erfolgsvariablen nur vorläufigen Charakter haben. Wird sie entsprechend den daraus resultierenden Anforderungen revidiert, wird dies zumeist wiederum Rückwirkungen auf die Verfahrenswahl verursachen. Insofern muß also die periodenbezogene Terminplanung im Grunde stets simultan mit der Verfahrenswahl und Reihenfolgeplanung erfolgen.

Diese Ausführungen machen außerdem deutlich, daß die periodenbezogene Terminplanung der Instandhaltung niemals statisch bleiben darf. Sie ist vielmehr in Abhängigkeit von der Länge der Planperiode, von dem während der Planperiode wechselnden Bedarf an Instandhaltungsleistungen und zum Teil nur kurzfristig zu treffenden Entscheidungen der Verfahrenswahl und Reihenfolgeplanung dynamisch zu gestalten.

2. Erscheinungsformen und Ansätze zur Lösung des Problems der Reihenfolgeplanung für Instandhaltungsleistungen

Wie schon die Überlegungen zur Durchführungsplanung einer einzelnen Instandhaltungsleistung gezeigt haben, stellt sich bereits dort das Problem, die Abfolge der einzelnen Tätigkeiten des Instandhaltungsauftrages optimal festzulegen, wenn nicht technologische Zwänge nur eine einzige Aufeinanderfolge zulassen. Sofern man darüber jedoch disponieren kann und einzelne Arbeitsgänge etwa durch verschiedene Handwerker oder an unterschiedlichen Anlagen in einer oder mehreren Werkstätten auszuführen sind, kann eine Entscheidung letztlich nur

unter Beachtung der Reihenfolgeplanung für andere gleichzeitig bzw. in demselben (kurzen) Zeitraum durchzuführende Aufträge getroffen werden. Dennoch soll im folgenden vereinfachend unterstellt werden, daß die Abfolge der einzelnen Tätigkeiten einer Instandhaltungsleistung bereits festgelegt ist. Dies dient vor allem auch dazu, aufzuzeigen, daß selbst unter dieser Voraussetzung im Rahmen der periodenbezogenen Instandhaltungsablaufplanung in mehrfacher Hinsicht Reihenfolgeprobleme auftreten können.

So ergibt sich schon dann ein Reihenfolgeproblem, wenn mehrere Instandhaltungsobjekte (quasi) gleichzeitig ausfallen und nur eine begrenzte Kapazität für ihre Instandhaltung (etwa durch ein bestimmtes Verfahren) zur Verfügung steht. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn die auszuführenden Instandhaltungsleistungen eine bestimmte Anlage in einer Instandhaltungswerkstatt beanspruchen oder nur ein Handwerker bzw. eine Handwerkerkolonne diese Aufträge an den betreffenden (Produktions-)-Anlagen auszuführen vermag. Unter dieser Voraussetzung können die Instandhaltungsleistungen nicht gleichzeitig sondern nur zeitlich nacheinander erbracht werden. Daher ist festzulegen, in welcher Reihenfolge die Instandhaltungsmaßnahmen durchzuführen sind[143].

---

143) Vgl. zu dem hier aufgezeigten Reihenfolgeproblem z. B. auch MÄNNEL, W.: Vorbeugende Instandhaltung, S. 34; DERSELBE: Kostengünstige Bearbeitungsreihenfolge für Instandhaltungs-Projekte, in: KRP, Jg. 1973, Heft 1, S. 21-28, hier S. 21f.; von MICKUSCH-BUCHBERG, Stephan: Kostengünstige Bearbeitungsreihenfolge für Instandhaltungsprojekte, in: KRP, Jg. 1974, Heft 2, S. 91f.; REHWINKEL, Gert: Optimale Bearbeitungsreihenfolgen von Instandhaltungsprojekten, in: KRP, Jg. 1976, Heft 3, S. 125-13o, hier S. 125; KÜPPER, W.: Planung der Instandhaltung, S. 165. Das Problem der optimalen "Rundreise" eines Instandhaltungshandwerkers ist in der Literatur als "Travelling Salesman Problem" behandelt; vgl. hierzu etwa MÜLLER-MERBACH, H.: Optimale Reihenfolgen, S. 65-141 und die dort angegebene Literatur.

Verfolgt man bei der Reihenfolgeplanung der Instandhaltung das Ziel, die reihenfolgeabhängigen erfolgswirtschaftlichen Auswirkungen zu optimieren[144], hat man folglich zu untersuchen, ob und welche Erfolgsvariablen von den Entscheidungen über die Reihenfolge der Bearbeitung von Instandhaltungsleistungen in welcher Weise beeinflußt werden. Dabei wird man vielfach feststellen, daß die Höhe der den einzelnen Instandhaltungsaufträgen zuzurechnenden Instandhaltungskosten von der Reihenfolge ihrer Durchführung abhängt. Dies zeigt sich schon dann, wenn für die verschiedenen Aufträge unterschiedliche, von dem jeweils zuletzt bearbeiteten Auftrag und damit von der Auftragsreihenfolge abhängige Rüstvorgänge an der Instandhaltungsanlage in einer Werkstatt erforderlich werden. Daraus resultieren oftmals auch voneinander abweichende Rüstzeiten, die insbesondere bei der Durchführung von Aufträgen in Überstunden zusätzliche reihenfolgeabhängige Überstundenlöhne verursachen. Außerdem können die verschiedenartigen Rüstvorgänge unterschiedliche reihenfolgebedingte Energie-, Hilfs- und Betriebsstoff- und ähnliche Kosten bewirken. Schließlich sind möglicherweise auch in Abhängigkeit von der Reihenfolge und damit vom Zeitpunkt des Beginns der Durchführung der Instandhaltungsaufträge zusätzliche Kosten für eine beschleunigte Bereitstellung der benötigten Produktionsfaktoren zu berücksichtigen. Diese können z. B. in Form von Eilzuschlägen bei der Bestellung nicht im Lager vorrätiger Materialien, Ersatzteile und Betriebsstoffe auftreten. Für den Fall, daß etwa ein Handwerker oder eine Handwerkerkolonne die Instandhaltungsleistungen unmittelbar an den betreffenden Anlagen ausführt, sind vielfach von der Reihenfolge abhängige Überstundenlöhne für die Wegezeiten, Transportkosten, Kosten für den Umbau von Gerüsten und ähnliche Kosten in Kauf zu nehmen. Diese von der Reihenfolge der Bearbeitung der Instandhaltungsaufträge abhängigen Ko-

144) Vgl. allgemein zu in der Literatur behandelten unterschiedlichen Zielsetzungen der Reihenfolgeplanung bspw. REHWINKEL, G.: Erfolgsorientierte Reihenfolgeplanung, S. 34-46.

sten können zusammenfassend auch als "Auftragswechselkosten" bezeichnet werden[145].

Sofern außerdem die Durchführung der Instandhaltungsaufträge einen Stillstand der betreffenden Anlagen erforderlich macht, sind zusätzlich auch die während des Stillstandes in Kauf zu nehmenden nachteiligen erfolgswirtschaftlichen Kosenquenzen zu berücksichtigen. Dies ergibt sich daraus, daß während der Bearbeitung eines Auftrages die anderen Aufträge durch die Festlegung der Reihenfolge bedingt warten müssen. Relevant werden diese von der Stillstandszeit abhängigen, ökonomisch nachteiligen Verschleißwirkungen allerdings nur dann, wenn sie je Zeiteinheit der Stillstandsdauer von Auftrag zu Auftrag verschieden hoch sind. Diesbezüglich muß man wiederum differenzieren, ob diese Stillstandskosten mit der Dauer des Stillstandes proportional wachsen oder ob eine andere Abhängigkeit besteht. Sind die Stillstandskosten zeitabhängig, so sind nicht nur die aufgrund der Bearbeitung anderer Aufträge in Kauf zu nehmenden Wartezeiten sondern auch die reihenfolgeabhängigen Zeiten für die Rüstvorgänge einzubeziehen. Für den Fall, daß die betreffenden (Produktions-)Anlagen trotz des Ausfalls eines Anlagegegenstandes mit verminderter Leistung weiter betrieben werden können, sind entsprechend die daraus resultierenden erfolgswirtschaftlichen Auswirkungen zu berücksichtigen.

Die Reihenfolge der Durchführung der Instandhaltungsaufträge ist nun so einzuplanen, daß die Summe aus reihenfolgeabhängigen Auftragswechselkosten und ökonomisch nachteiligen Verschleißwirkungen minimiert wird[146].

---

145) Vgl. hierzu auch MÄNNEL, W.: Kostengünstige Bearbeitungsreihenfolge für Instandhaltungs-Projekte, S. 21f.

146) In der Literatur werden diese reihenfolgeabhängigen erfolgswirtschaftlichen Auswirkungen oftmals nicht beachtet. Dies kommt dann deutlich zum Ausdruck, wenn die Forderung erhoben wird, die Aufträge jeweils nach der Reihehfolge ihrer Ankunft (des Ausfalls der betreffenden Anlagen) - vgl. hierzu etwa Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Vergleichsweise einfach gelingt dies dann, wenn die Zahl der vor einer Bearbeitungsstation auf die Ausführung wartenden Aufträge relativ klein ist und die Informationen über die relevanten Auftragswechselkosten und Verschleißwirkungen bekannt sind und letztere insbesondere zeitproportional ansteigen. In dieser Situation läßt sich die optimale Lösung nämlich noch in kurzer Zeit durch eine vollständige Enumeration[147)] ermitteln, wie das Beispiel in Tab. 5,7 zeigt. Bei zunehmender Zahl der Aufträge wächst das Rechenproblem jedoch so schnell nach den Gesetzen der Kombinatorik an, daß wirtschaftlich vielfach nur noch durch Prioritätsregeln eine (nicht optimale) gute Lösung zu erreichen ist.

In einer Reihe von Fällen der betrieblichen Praxis sind die vom Auftragswechsel und der Auftragswechseldauer abhängigen Instandhaltungskosten und Verschleißwirkungen zudem vernachlässigbar gering bzw. sogar überhaupt nicht relevant. Dies trifft etwa dann zu, wenn die Auftragswechselarbeiten (im wesentlichen) die gleiche Dauer während der "normalen" Arbeitszeit des betreffenden Instandhaltungshandwerkers bzw. des eine Instandhaltungsanlage bedienenden Handwerkers in Anspruch nehmen. Unter dieser Voraussetzung sind für die Festlegung der optimalen Bearbeitungsreihenfolge allein die Instandhaltungszeiten der einzelnen Aufträge und die Verschleißwirkungen je Zeiteinheit relevant. Dann läßt sich die optimale Reihenfolge leicht bestimmen, indem das Verhältnis aus beiden Größen gebildet wird und jeweils der Auftrag zu-

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite: FROTSCHER, J.: Ein Simulationsmodell für den Reparaturdienst, S. 127-169 - oder sogar unter Verwendung eines Zufallsmechanismus für die Bearbeitungsreihenfolge auszuführen; vgl. so ORDELHEIDE, D.: Instandhaltungsplanung, S. 66f.

147) Vgl. zu der vollständigen Enumeration und anderen Lösungsverfahren der Reihenfolgeplanung (die in erster Linie für Fragestellungen aus dem Produktionsbereich entwickelt wurde) z. B. REHWINKEL, G.: Erfolgsorientierte Reihenfolgeplanung, S. 46-51; MÜLLER-MERBACH, H.: Optimale Reihenfolgen, S. 25-37.

Tab. 5.7: Ermittlung der optimalen Bearbeitungsreihenfolge von Instandhaltungsaufträgen durch vollständige Enumeration (für das Beispiel (A) zur Reihenfolgeplanung)

Beispieldaten*:

Auftragsmerkmale / Aufträge	Dauer der Auftragsausführung [ZE]	Zeitproportionale Stillstandskosten [GE/ZE]
A	10	30
B	15	50
C	20	40
D	45	120

Auftragsreihenfolge	Von der Auftragswechseldauer unabhängige Auftragswechselkosten [GE]	Auftragswechselzeiten [ZE]	Auftragswechselzeitabhängige Verschleißwirkungen GE
A → B	20	2	100
B → A	40	1	30
A → C	50	1	40
C → A	110	3	90
B → C	30	2	80
C → B	30	1	50

* Für den erstmaligen Auftragswechsel werden keine Auftragswechselkosten angenommen, da der zuvor durchgeführte Auftrag hier nicht in die Rechnung eingeht.

Ermittlung der optimalen Reihenfolge der Auftragsbearbeitung:

Reihenfolge der Auftragsbearbeitung	Von den Auftragswechselzeiten unabhängige Auftragswechselkosten [GE]	Auftragswechselzeitabhängige Verschleißwirkungen [GE]	Auftragsdauerabhängige Verschleißwirkungen der wartenden Aufträge [GE]	Summe
	(1)	(2)	(3)	(1)+(2)+(3)
A B C	20 + 30 = 50	100+ 80=180	10·(120-30) +15·(90-50) = 1.500	1.730
A C B	50 + 30 = 80	40+ 50= 90	10·(120-30) +20·(90-40) = 1.900	2.070
B A C	40 + 50 = 90	30+ 40= 70	15·(120-50) +10·(70-30) = 1.450	1.610
B C A	30 + 110 = 140	80+ 90=170	15·(120-50) +20·(70-40) = 1.650	1.960
C A B	110 + 20 = 130	90+100=190	20·(120-40) +10·(80-30) = 2.100	2.420
C B A	30 + 40 = 70	50+ 30= 80	20·(120-40) +15·(80-50) = 2.050	2.200

erst bearbeitet wird, der den kleinsten Wert für diesen Quotienten aufweist[148]. Bei Verwendung dieser Reihenfolgeregel wäre im Beispiel ebenfalls die Reihenfolge BAC zu wählen, die - wie die Tab. 5.7 zeigt - auch unter Berücksichtigung allein der wartezeitbedingten Verschleißwirkungen optimal ist.

Anders stellt sich das Reihenfolgeproblem dar, wenn sich der Auftragsbestand ausschließlich aus geplanten Instandhaltungsaufträgen zusammensetzt. Sofern man angesichts der Probleme einer an sich notwendigen simultanen Planung der einzelnen Aufgaben zur Instandhaltungsablaufplanung eine sukzessive Planung vornimmt, bei der zunächst die Verfahren und Termine der Instandhaltungsleistungen geplant werden, sind zusätzlich andere Einflußgrößen für die Reihenfolgeplanung von Bedeutung. Dies gilt auch, wenn das anzuwendende Verfahren etwa aufgrund technologischer Zwänge festgelegt ist. Dann hat man zu untersuchen, ob die Reihenfolge der Aufträge, die sich aus der an der Instandhaltungspolitik orientierenden Terminplanung ergibt, auch angesichts der reihenfolgeabhängigen Erfolgswirkungen aufrecht zu erhalten ist. Nachteile ergeben sich durch eine Änderung der Durchführungstermine vor allem deshalb, weil bei einem (wesentlichen) Vorziehen der Instandhaltungstermine (d. h. einer Verkürzung der Instandhaltungsintervalle) der Anstieg der Instandhaltungskosten den Vorteil der in geringerem Maße in Kauf zu nehmendem erfolgswirtschaftlichen Verschleißwirkungen überwiegt. Umgekehrt bewirkt eine Verzögerung der Instand-

---

148) Den Beweis liefert REHWINKEL, G.: Optimale Bearbeitungsreihenfolgen von Instandhaltungsprojekten, S. 125-130; vgl. hierzu auch KÜPPER, Willi: Reihenfolgekriterien bei der kurzfristigen Ablaufplanung von Instandhaltungsaufträgen (als Manuskript veröffentlicht), Hamburg 1972. Eine ähnliche Regel schlagen vor BAUER, Richard - KRESS, Heinz: Prioritätsregeln für die Instandhaltungsablaufplanung, in: Operations Research und Datenverarbeitung bei der Instandhaltungsplanung, S. 120-126, hier S. 122; sie wählen den Quotienten umgekehrt und multiplizieren diesen allerdings unnötigerweise mit einem Gewichtungsfaktor.

haltung zwar einerseits i. d. R. eine Abnahme der Instandhaltungskosten, erhöht andererseits aber die allmählich zunehmenden Verschleißwirkungen bzw. das Risiko des Eintritts eines Sprungs der Verschleißwirkungen bzw. sogar eines Ausfalls und der damit verbundenen erfolgswirtschaftlich nachteiligen Konsequenzen[149]. Eine Entscheidung über die endgültige Reihenfolge der Auftragsbearbeitung ist davon abhängig zu machen, ob die bei einer gegenüber der Terminplanung veränderten Reihenfolge möglicherweise erzielbaren Vorteile die aus einer Änderung der Durchführungstermine und damit der Instandhaltungsintervalle resultierenden Nachteile überkompensieren bzw. zumindest ausgleichen.

Grundsätzlich stellt sich dieses Reihenfolgeproblem auch dann, wenn mehrere Instandhaltungsaufträge jeweils auf mehreren Anlagen in einer Instandhaltungswerkstatt bzw. in mehreren (verrichtungsspezifischen) Instandhaltungswerkstätten zu bearbeiten sind oder wenn mehrere, unterschiedlichen Berufsgruppen angehörige Handwerker Instandhaltungsaufträge an den jeweiligen Standorten der betreffenden Anlagen durchzuführen haben. Zusätzlich muß man hier jedoch berücksichtigen, daß die Reihenfolge der Auftragsausführung nicht nur die Durchlaufzeit der Instandhaltungsaufträge sondern auch die Auslastung der Instandhaltungskapazitäten beeinflußt[150]. Es ist somit erforderlich, auch hieraus resultierende erfolgswirtschaftliche Auswirkungen bei der Reihenfolgeplanung zu berücksichtigen.

Insgesamt ist also unter der Voraussetzung, daß zunächst nur die Reihenfolge der Bearbeitung geplanter Aufträge festzulegen ist, eine Reihe von Einflußfaktoren zu beachten:

---

149) Vgl. ähnlich MÄNNEL, W.: Kostengünstige Bearbeitungsreihenfolge von Instandhaltungs-Projekten, S. 27f..

150) Dieses Problem wird in der Literatur zu optimalen Produktionsreihenfolgen als "Maschinenbelegungsproblem" behandelt; vgl. hierzu z. B. MÜLLER-MERBACH, H.: Optimale Reihenfolgen, S. 172-2o4 und die dort angegebene Literatur.

- Auftragswechseldauerabhängige und -unabhängige Instandhaltungskosten bei dem (den) von einer Reihenfolgeänderung unmittelbar betroffenen Instandhaltungsauftrag (-aufträgen),

- Auftragswechseldauerabhängige Verschleißwirkungen bei dem (den) von der Reihenfolgeänderung unmittelbar betroffenen Instandhaltungsauftrag (-aufträgen),

- Reihenfolgeabhängige wartezeitbedingte Verschleißwirkungen (bei knappen Instandhaltungskapazitäten),

- Veränderung der Instandhaltungskosten und Verschleißwirkungen aufgrund des reihenfolgebedingten Verzögerns bzw. Vorziehens von Aufträgen (gegenüber der Instandhaltungspolitik- bzw. der Terminplanung),

- Reihenfolgeabhängige Veränderung der Durchlaufzeiten der unmittelbar und mittelbar betroffenen Instandhaltungsaufträge und der daraus resultierenden (zeitabhängigen) Verschleißwirkungen[151] und

- Reihenfolgeabhängige Veränderungen der Stillstandzeiten der Instandhaltungspotentiale[151].

Die Reihenfolge der Auftragsbearbeitung ist somit so festzulegen, daß diese von ihr in mehrfacher Hinsicht abhängigen Instandhaltungskosten und Verschleißwirkungen insgesamt minimal werden.

---

151) Insbesondere GUTENBERG (E.: Die Produktion, S. 216) betont, daß die Erzielung minimaler Brachzeiten der Potentiale im Konflikt mit dem Streben nach minimalen Durchlaufzeiten der Aufträge stehe. Dieses Problem wird daher auch als Dilemma der Arbeitsablaufplanung bezeichnet. Wie die 2. und 3. Reihenfolgeänderung in den Abb. 5.1o und 5.11 auf den Seiten 111 und 111 zeigen, trifft dies jedoch nicht generell zu. Ähnlich geht auch MÜLLER-MERBACH (H.: Optimale Reihenfolgen, S. 177) aufgrund einer Reihe von Simulationsergebnissen davon aus, daß dieses Dilemma nicht grundsätzlich besteht.

Allerdings bereitet die Erfassung der reihenfolgeabhängigen Erfolgswirkungen zum Teil erhebliche Probleme. Dies gilt vor allem für die aus Verzögerungen der Leistungsausführung gegenüber den mit der Instandhaltungspolitik- bzw. der Terminplanung festgelegten Terminen resultierenden wirtschaftlich relevanten Auswirkungen einerseits und den aus einer reihenfolgebedingten Veränderung der Stillstandszeiten der Instandhaltungspotentiale sich ergebenden ökonomischen Nachteile andererseits. Bezüglich der Verschleißwirkungen gelingt die Erfassung vergleichsweise leicht für den Fall allmählich zunehmender Verschleißwirkungen. Bei sprunghaft zunehmenden Verschleißwirkungen wächst (sinkt) das Risiko des Eintritts eines Ausfallschadens mit einer Verzögerung (einem Vorziehen) von Instandhaltungsaufträgen[152]. Allerdings läßt sich hierzu eine konkrete Aussage nur dann machen, wenn man auf die jeweilige Instandhaltungspolitik Bezug nimmt. So wird bei einer streng kalenderzeitperiodischen Politik der aus einem Verzögern der Auftragsausführung resultierende Nachteil im Fall allmählich zunehmender Verschleißwirkungen tendenziell dadurch wieder ausgeglichen, daß sich das darauffolgende Intervall verkürzt. Demgegenüber kann der Nachteil des höheren Risikos bzw. des Eintritts eines Ausfallschadens bei sprunghaft ansteigenden Verschleißwirkungen nicht ausgeglichen werden. Im Fall einer altersabhängig periodischen Instandhaltungspolitik muß man davon ausgehen, daß das nächste Instandhaltungsintervall wieder die geplante Länge erreicht, so daß hier die Nachteile voll in Kauf zu nehmen sind (wie auch bei einer Inspektionspolitik). Diese Aussagen haben entsprechend für das Vorziehen von Aufträgen Gültigkeit.

Im Hinblick auf die Instandhaltungskosten ist zu überprüfen, ob durch das Vorziehen eines Auftrages zusätzliche Kosten z. B. aufgrund von Eilbestellungszuschlägen verursacht werden. Eine Reduzierung von Instandhaltungsko-

---

152) Vgl. so auch MÄNNEL, W.: Kostengünstige Bearbeitungsreihenfolge für Instandhaltungs-Projekte, S. 28; SCHELO, S. J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 173.

sten aufgrund des Verzögerns der Ausführung eines Auftrags wird dagegen kaum festzustellen sein. Dagegen werden die verschleißniveauabhängigen Instandhaltungskosten bei während der Verzögerung weiter fortschreitendem Verschleiß zunehmen.

Eine Reihenfolgefestlegung, die sämtliche der genannten Erfolgsvariablen berücksichtigt, bereitet nun allerdings vor allem bei einer relativ großen Zahl von Instandhaltungsaufträgen und mehreren Instandhaltungspotentialen erhebliche Schwierigkeiten. Sie gelingt dagegen vergleichsweise leicht für den Fall einer relativ geringen Zahl von Aufträgen und in Anspruch zu nehmenden Potentialfaktoreinheiten, wie dies an einem Beispiel dargestellt werden soll.

Für den Planungszeitraum sind aufgrund der an der Instandhaltungspolitik orientierten Terminplanung drei Aufträge (A, B, C) eingeplant, die jeweils in zwei Werkstätten (I, II) zu bearbeiten sind. Die Zeiten für die Durchführung der drei Aufträge in den beiden Werkstätten enthält die Tab. 5.8.

Tab. 5.8: Zusammenstellung der Bearbeitungszeiten der Aufträge (A, B, C) in den Werkstätten (I, II) (für das Beispiel (B) der Reihenfolgeplanung)

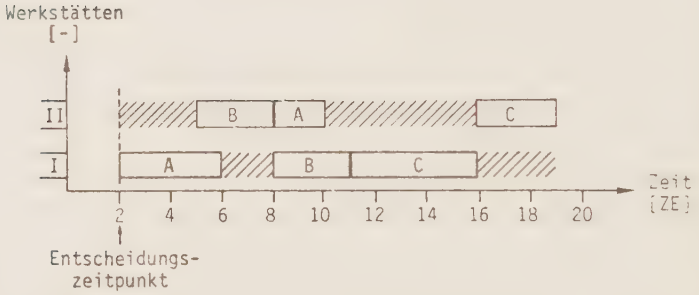
Auftrag / Werkstatt	A	B	C
I	4	3	5
II	2	3	3

Der Werkstattdurchlauf ist aufgrund technologischer Anforderungen festgelegt für

- Auftrag A : I, II,
- Auftrag B : II, I und
- Auftrag C : I, II.

Die Zeitpunkte für Beginn und Ende der Auftragsbearbeitung entsprechend der Instandhaltungsterminplanung lassen sich aus der Abb. 5.9 entnehmen.

Abb. 5.9: Graphische Darstellung des sich entsprechend der Instandhaltungsterminplanung ergebenden Reihenfolgeplanes - Reihenfolgeplan (a) für das Beispiel (B) zur Reihenfolgeplanung)



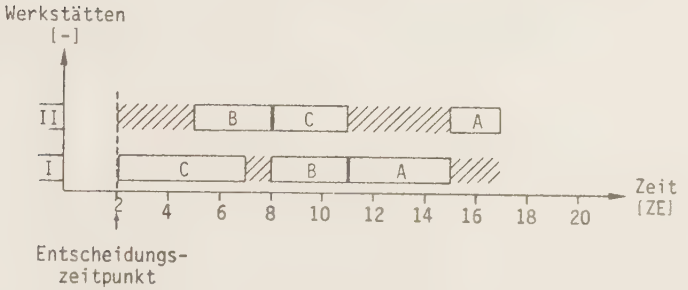
Auftragswechselkosten (Instandhaltungs(rüst-)kosten und auftragswechseldauerabhängige Verschleißwirkungen) fallen in den beiden Werkstätten für jeden Auftragswechsel in der aus Tab. 5.9 ersichtlichen Höhe an.

Tab. 5.9: Zusammenstellung der von der Auftragsreihenfolge abhängigen Auftragswechselkosten (für das Beispiel (B) zur Reihenfolgeplanung)

Auftragsreihenfolge	Auftragswechselkosten	
	Werkstatt I	Werkstatt II
A → B	20	20
B → A	15	20
A → C	20	30
C → A	20	15
B → C	30	10
C → B	10	25

Stellt man den Reihenfolgeplan unter Minimierung der Auftragswechselkosten auf, ergibt dies die in der Abb. 5.1o dargestellte Bearbeitungsfolge.

Abb. 5.1o: Graphische Darstellung des die Auftragswechselkosten minimierenden Reihenfolgeplanes - Reihenfolgeplan (b) (für das Beispiel (B) zur Reihenfolgeplanung)



Dieser Reihenfolgeplan ist vor allem dann relevant, wenn wartezeitbedingte Verschleißwirkungen nicht zu berücksichtigen sind. Gleichzeitig führt dieser Reihenfolgeplan gegenüber dem der Instandhaltungsterminplanung entsprechenden Reihenfolgeplan sowohl zu einer niedrigeren Gesamtdurchlaufzeit der Instandhaltungsaufträge als auch zu einer kürzeren (Zwischen-)Brachzeit der beiden Werkstätten.

Dies macht deutlich, daß das "Dilemma der Arbeitsablaufplanung" selbst bei einer niedrigen Zahl von Aufträgen und Werkstätten[153] nicht gültig sein muß.

Wird eine möglichst gute Auslastung der vorhandenen Kapazität der eigenen Instandhaltungswerkstätten angestrebt, um so den Personalbestand der Planperiode möglichst niedrig zu halten[154], hat man die Reihenfolge der Auftragsausführung so festzule-

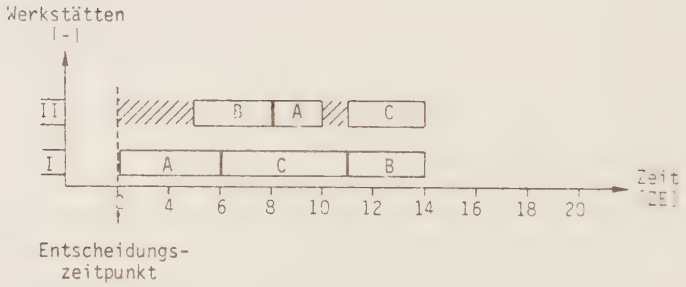
---

153) Nur für den Fall eines niedrigen Auftragsbestandes geht etwa MÜLLER-MERBACH (H.: Optimale Reihenfolgen, S. 177) davon aus, daß das Ablaufplanungsdilemma auftreten kann.

154) Dies setzt allerdings voraus, daß im Falle ausfallschadensbedingt notwendig werdender Leistungen sehr schnell Fremdleistungen oder etwa Handwerker aus dem Produktionsbereich in Anspruch genommen werden können.

gen, daß die Brachzeiten der Werkstätten minimal werden. Dies läßt sich durch einen Reihenfolgeplan wie in Abb. 5.11 erreichen.

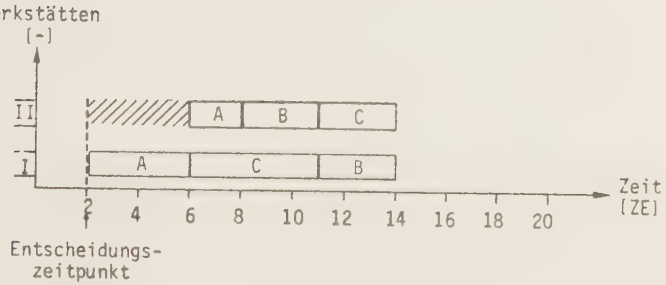
Abb. 5.11: Graphische Darstellung des die Stillstandskosten der Werkstätten minimierenden Reihenfolgeplans - Reihenfolgeplan (c) (für das Beispiel (B) zur Reihenfolgeplanung)



Dieser Reihenfolgeplan führt hier jedoch zu relativ langen Durchlaufzeiten der einzelnen Instandhaltungsaufträge. Demgegenüber läßt sich bei gleicher Stillstandszeit der Werkstätten durch eine weitere Reihenfolgeänderung, die keine Abweichung von dieser minimalen Stillstandszeit verursacht, gleichzeitig auch die minimale Durchlaufzeit für jeden der drei Aufträge und für die Aufträge insgesamt erreichen, wie dies in der folgenden Abb. 5.12 ausgewiesen ist.

Die Minimierung der Durchlaufzeit der einzelnen Aufträge ist dabei insbesondere deshalb von erheblicher Bedeutung, weil die ökonomisch nachteiligen Verschleißwirkungen zumeist auch von der Bearbeitungsdauer der Aufträge abhängen. Hier sei vereinfachend angenommen, daß der Anstieg der Verschleißwirkungen pro ZE sehr gering sein, so daß von quasi zeitproportionalen Verschleißwirkungen ausgegangen werden kann. Deren Höhe (in GE/ZE) betrage etwa für:

Abb. 5.12: Graphische Darstellung des zugleich die Brachzeiten der Werkstätten und die (Gesamt-)Durchlaufzeit der Instandhaltungsaufträge minimierenden Reihenfolgeplans - Reihenfolgeplan (d) (für das Beispiel (B) zur Reihenfolgeplanung)



- Auftrag A : 2o,
- Auftrag B : 15 und
- Auftrag C: 2o.

Bei dieser Datenkonstellation ist zu überprüfen, ob der Reihenfolgeplan aus der Abb. 5.12 auch zu einer niedrigeren Summe aus Auftragswechselkosten und durchlaufzeitabhängigen Verschleißwirkungen führt als die Reihenfolgepläne aus den Abbildungen 5.9, 5.1o und 5.11. Die Tab. 5.1o weist aus, daß der Reihenfolgeplan in Abb. 5.12 die insgesamt günstigste Bearbeitungsreihenfolge enthält. Allerdings ist dabei noch nicht berücksichtigt, daß dieser Reihenfolgeplan Abweichungen von dem der Instandhaltungsterminplanung entsprechenden Reihenfolgeplan (vgl. Abb. 5.9) im Hinblick auf den Beginn der Auftragsausführung (Verzögerung von Auftrag B und Vorverlagerung von Auftrag C) enthält. Diese Abweichungen können möglicherweise zu einer Überkompensierung der durch die Reihenfolgeänderung ansonsten erzielbaren Vorteile führen. Im Beispiel resultiert aus diesen Abweichungen von den Instandhaltungsintervallen - sofern dies angesichts der langfristigen Auslegung der Instandhaltungspolitik und der vergleichsweise sehr kurzfristigen Reihenfolgeplanung

Tab. 5.1o: Ermittlung des unter Berücksichtigung der Auftragswechselkosten und der ökonomisch nachteiligen Verschleißwirkungen günstigsten Reihenfolgeplanes (für das Beispiel (B) zur Reihenfolgeplanung)

Reihenfolgeplan	Auftragswechselkosten	durchlaufzeitabhängige Verschleißwirkungen	Σ
(a)	100	410	510
(b)	50	390	440
(c)	80	455	535
(d)	60	370	430

überhaupt relevant wird - für Auftrag B eine Verzögerung des Beginns um 3 Zeiteinheiten und damit eine Inkaufnahme von (bei angenommenen Verschleißwirkungen in Höhe von 5 Geldeinheiten je Zeiteinheit[155]) 15 Geldeinheiten zusätzlicher Verschleißwirkungen, während bei Auftrag C aufgrund der Vorverlagerung um 5 Zeiteinheiten (bei angenommenen Verschleißwirkungen von 6 Geldeinheiten je Zeiteinheit[155]) 3o Geldeinheiten zusätzlicher Verschleißwirkungen eingespart werden können. Unterstellt man, daß die möglicherweise ebenfalls zu berücksichtigende Zunahme der Instandhaltungskosten aufgrund der Verkürzung des Instandhaltungsintervalls bei Auftrag C nicht mehr als 15 Geldeinheiten größer ist als die Abnahme der Instandhaltungskosten aufgrund der Verlängerung des Instandhaltungsintervalls bei Auftrag B, erweist sich der in Abb. 5.12 enthaltene Reihenfolgeplan als der insgesamt günstigste.

155) Hier werden niedrigere Bewertungsansätze gewählt, weil angenommen wird, daß die betreffenden Anlagen während der Verzögerung mit einem niedrigen Leistungsniveau weiterarbeiten, das dann diese gegenüber einem Stillstand niedrigeren Verschleißwirkungen hervorruft.

Für die laufende Planung würde es sich in der Regel jedoch vor allem bei realistischen Auftragsbeständen als unwirtschaftlich, wenn nicht sogar unmöglich erweisen, eine solch intensive Planung vorzunehmen. Es bietet sich dann vielmehr an, die Bearbeitungsreihenfolge durch heuristische Verfahren und hier insbesondere durch die Benutzung von Prioritätsregeln festzulegen, deren Qualität etwa durch Simulationen getestet werden kann[156].

SCHELO[157] schlägt ein zweidimemsionales Prioritätensystem vor. Dazu bestimmt er zunächst die "Auslastungspriorität" für die Instandhaltungsaufträge, die vornehmlich anhand der Auslastung der instandzuhaltenden Anlagen ermittelt wird. Hierzu werden fünf Prioritätsklassen gebildet; die Auslastung wird dabei periodenbezogen als Quotient der Summen aus eingeplanten und verfügbaren Anlagenbetriebsstunden errechnet. Insofern stellt die Klassifizierung einerseits nicht unmittelbar auf den Zeitpunkt der Durchführung der Aufträge ab[158] und ist andererseits allenfalls mittelbar an den zu berücksichtigenden Verschleißwirkungen orientiert. Als zweite Komponente des Prioritätensystems verwendet SCHELO eine sogenannte "Dringlichkeitspriorität", die in zehn Klassen unterteilt ist. Diese Klassen ergeben sich durch eine entsprechende Unterteilung der Zeitspanne zwischen dem sich aus der Instandhaltungspolitik ergebenden Ausführungstermin und einem allerdings nicht näher definierten Frühesttermin für die Durchführung

---

156) Diesen Weg beschreiten etwa KRESS, H.: Untersuchungen zur Bestimmung der optimalen Organisation von Instandhaltungsarbeiten, S. 5off.; SCHEER, A.-W.: Instandhaltungspolitik, S. 22o-231. Sie verwenden dabei allerdings vornehmlich zeitbezogene wie vor allem die "Kürzeste-Operations-Zeit"-Regel oder auf die Reihenfolge des Auftragseingangs bzw. auf die Terminplanung abstellende Regeln, wie vor allem die "FCFS: First come first served"-Regeln. Vgl. zu möglichen Prioritätsregeln in der Reihenfolgeplanung allgemein etwa BERG, Claus C.: Prioritätsregeln in der Reihenfolgeplanung, in: Handwörterbuch der Produktionswirtschaft, hrsg. von Werker KERN, Stuttgart 1979, Sp. 1425-1433 und die dort angegebene Literatur. Fortsetzung der Fußnoten auf der Folgeseite.

des betreffenden Auftrags. Je näher sich ein Auftrag im Entscheidungszeitpunkt für die Reihenfolgeplanung an dem aus der Instandhaltungspolitik abgeleiteten Instandhaltungstermin befindet, desto höher ist die an ihn zu vergebende Dringlichkeitspriorität. Zuerst ist dann jener Auftrag zu bearbeiten, der bei beiden Prioritäten den höchsten Wert erreicht. Mit der Dringlichkeitspriorität will SCHELO also die Nachteile eines Abweichens von den geplanten Instandhaltungsintervallen berücksichtigen. Abgesehen davon, daß er die erfolgswirtschaftlichen Nachteile auch hier höchstens mittelbar einbezieht, wird mit diesem Vorgehen unterstellt, daß eine Verzögerung von Instandhaltungsaufträgen nicht erfolgen darf.

Noch gravierender wird das Reihenfolgeproblem dann, wenn man bedenkt, daß die Bearbeitungsreihenfolge nicht nur entweder für ungeplante oder geplante Aufträge festzulegen ist, sondern für ein gemischt deterministisches-stochastisches Instandhaltungsprogramm. Als günstigster Fall erweist sich dabei noch der, daß die ungeplanten Instandhaltungsaufträge in "Lücken" des für die geplanten Leistungen aufgestellten Reihenfolgeplans eingeordnet werden können. Davon wird man jedoch nur ausnahmsweise ausgehen können. Selbst dann ist aber zum einen zu beachten, daß sich aufgrund der zwischenzeitlichen Ausführungen solcher ungeplanter Aufträge die Auftragswechselkosten für die nachfolgende geplante Leistung ändern können. Zum anderen wird dies zumeist eine Verzögerung der ungeplanten Leistungen erfordern und entsprechende (wartezeitbedingte) Verschleißwirkungen verursachen, sofern

---

Fortsetzung der Fußnoten von der Vorseite:

157) Vgl. zum folgenden SCHELO, S.-J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 196-2o3.

158) Die Auslastung zu dem betreffenden Zeitpunkt der aufgrund der Instandhaltungspolitik und Terminplanung geplanten Auftragsausführung kann von der periodenbezogenen Größe erheblich abweichen, wenn im Produktionsbereich zeitliche Schwankungen auftreten.

der Bedarf nicht gerade zufällig zu Beginn einer Stillstandszeit des benötigten Potentialfaktors entsteht.

In der Regel muß man jedoch damit rechnen, daß geplante und ungeplante Aufträge um die (knappen) Instandhaltungskapazitäten konkurrieren. Verfehlt wäre es dann, ungeplanten Leistungen etwa generell den Vorzug vor geplanten zu geben[159]. Für eine wirtschaftlich sinnvolle Entscheidung ist es vielmehr notwendig, die ökonomischen Konsequenzen in Abhängigkeit von der potentiellen Realisierung alternativer Reihenfolgen zu erfassen, wie dies bereits erläutert wurde. Zusätzlich hat man dabei noch danach zu unterscheiden, ob die Ausführung der (geplanten) Instandhaltungsaufträge unterbrochen werden kann oder nicht[160]. Eine praktikable Lösung dieses realistischen Reihenfolgeproblems kann aufgrund der aufgezeigten Schwierigkeiten ebenfalls nur durch die Verwendung von Prioritätsregeln erreicht werden.

---

159) Dies fordert etwa EUCHLER, Wilhelm: Arbeitsvorbereitung und Leistungsentlohnung in Instandhaltungs-Werkstätten, in: Stahl und Eisen, 79. Jg. (1959), Nr. 7, S. 426-430, hier S. 426; siehe so auch SCHELO, S. J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 206: "Instandhaltungsarbeiten zur Ausfallbehebung erfordern grundsätzlich eine Zurückstellung von geplanten Arbeiten."

160) Vgl. so auch SCHEER, A.-W.: Instandhaltungspolitik, S. 190.

Sechstes Kapitel
Planung des Bedarfs an Produktionsfaktoren

Verfolgt man das Ziel, die Kosten einer einzelnen Instandhaltungsleistung oder des (periodenbezogenen) Instandhaltungsprogramms bedarfsorientiert zu planen, so ist als eine wesentliche Grundlage hierzu - neben der Instandhaltungsprogramm- und -ablaufplanung - der Bedarf an Produktionsfaktoren für die Erstellung dieser Leistungen zu ermitteln. Bevor jedoch hierauf (in den Abschnitten B und C dieses Kapitels) im einzelnen eingegangen wird, sollen im folgenden Abschnitt A zunächst die Produktionsfaktoren der Instandhaltung in systematisierender Weise erfaßt werden.

A System der Produktionsfaktoren der Instandhaltung

Als Produktionsfaktoren der Instandhaltung sollen die Güter und Dienstleistungen bezeichnet werden, die zur Erstellung von Instandhaltungsleistungen benötigt werden[1].

---

1) Vgl. zu dieser und ähnlichen Fassungen des Begriffs "Produktionsfaktor" allgemein z. B. LASSMANN, Gert: Die Produktionsfunktion und ihre Bedeutung für die betriebswirtschaftliche Kostentheorie, Köln und Opladen 1958, S. 2of.; PRESSMAR, Dieter B.: Kosten- und Leistungsanalyse im Industriebetrieb, Wiesbaden 1971, S. 42f.; SCHMIDT (Regine: Die Produktionsfunktion in betriebswirtschaftlicher Sicht, Diss. Köln 1967, S. 28) betont, daß nur diejenigen Faktoren zu berücksichtigen sind, die in notwendigem Zusammenhang zur Leistung (Ausbringung) stehen. KRELLE (Wilhelm (unter Mitarbeit von Wilhelm SCHEPER): Produktionstheorie, Tübingen 1969, S. 2) hebt hervor, daß es oft nicht möglich ist, alle Faktoren wirklich zu erkennen und zu erfassen; außerdem bezieht er solche Faktoren nicht mit ein, die keinen Preis haben.

Ausgehend von diesem Begriff soll im folgenden eine sich an vor allem auch für die Bedarfsplanung wichtigen Kriterien orientierende Differenzierung der Produktionsfaktoren der Instandhaltung vorgenommen werden.

Vielfach werden die Produktionsfaktoren nach der Art ihrer Beteiligung an der Erstellung von Leistungen in dispositive und Elementarfaktoren unterschieden[2]. Als Elementarfaktoren werden jene Elemente der Leistungserstellung bezeichnet, denen rein ausführende Tätigkeiten übertragen bzw. inhärent sind. Von diesen heben sich die dispositiven Faktoren, die den Prozeß der Kombination der Elementarfaktoren planen, organisieren und kontrollieren, durch ihre gestaltende Wirksamkeit ab[3]. Auch im Hinblick auf die Instandhaltung wird die Meinung vertreten, daß "...ebenso wie bei einem originären Kombinationsprozeß... zur Durchführung von Instandhaltungsleistungen die Elementarfaktorarten sowie der dispositive Faktor..."[4] benötigt werden.

Entgegen der in dieser Differenzierung zum Ausdruck kommenden Ansicht, daß eine eindeutige Trennung zwischen den beiden Kategorien von Produktionsfaktoren möglich sei, bereitet jedoch die Umsetzung dieser Unterscheidung auf die Zuordnung konkreter Produktionsfaktoren zu den genannten Alternativen insbesondere auch im Instandhaltungsbereich erhebliche Schwierigkeiten. Jene Autoren, die eine solche Untergliederung vorschlagen, gehen in der Regel von einer Aufspaltung der menschlichen Arbeitsleistungen in dispositive (planerische, gestaltende) und

---

2) Vgl. zu dieser Unterscheidung und den Begriffen vor allem GUTENBERG, E.: Die Produktion, S. 3-8. Die Untergliederung wählen weiterhin etwa MELLEROWICZ, Konrad: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 1. Bd., Berlin 1968, S. 159f.; BUSSE VON COLBE, W. - LASSMANN, G.: Betriebswirtschaftstheorie, S. 65-69.

3) Diese Abgrenzung der beiden Kategorien von Produktionsfaktoren nimmt etwa STEFFEN (R.: Analyse, S. 20) vor.

4) MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 103; vgl. ähnlich HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 288.

objektbezogene (ausführende) Tätigkeiten aus[5]. Diese unterschiedlichen Tätigkeiten als gesonderte Produktionsfaktoren zu bezeichnen, erscheint jedoch nicht konsistent[6]. Aber selbst dann, wenn man die Arbeitskraft eines Menschen insgesamt (die Person selbst) bei der Systematisierung der Produktionsfaktoren in den Vordergrund stellt[7], ist die ausschließliche Zuordnung in den dispositiven oder ausführungsbezogenen Bereich höchstens in Ausnahmefällen denkbar. Denn auch bei der Durchführung eines Instandhaltungsauftrages wird etwa der Handwerker die konkrete Art und Weise des jeweiligen Vorgehens zu überdenken haben (z. B. bei der Fehlersuche) und erst anschließend eine bestimmte Tätigkeit ausführen können - und beide Vorgänge können sich (bei einem Auftrag) mehrmals wiederholen. Und auch der Aufgaben der Instandhaltungsplanung übernehmende Mensch wird in der Regel einen Teil seiner Arbeitskraft für rein ausführende Tätigkeiten in diesem Bereich einsetzen müssen[8]. Die Problematik der Zuordnung des Menschen zu den dispositiven Produktionsfaktoren ist somit auch nicht (zumindest aber nicht allein) mit der im Instandhaltungsbereich oftmals relativ kleinen Betriebsgröße, die eine Institutionalisierung einzelner Funktionsbereiche nicht zulasse, zu begründen[9]. Wenngleich dennoch zur effizienten Gestaltung des Instandhaltungsprozesses Planung, Kontrolle und organisatorische Regelungen[10] zwingend notwendig erscheinen und folglich zu den Produktions-

---

5) Vgl. z.B. SCHWEITZER, M. - KÜPPER, H.-U.: Produktions- und Kostentheorie der Unternehmung, S. 41; BUSSE VON COLBE, W. - LASSMANN, G.: Betriebswirtschaftstheorie, S. 65f.

6) So wird ja auch ein Betriebsmittel, das unterschiedliche Leistungen abzugeben in der Lage ist, als e i n Produktionsfaktor verstanden. Vgl. zu einer der hier vertretenen entsprechenden Ansicht, die Menschen selbst als Produktionsfaktoren einzuordnen, HEINEN, E.: Betriebswirtschaftliche Kostenlehre, S. 223.

7) Vgl. so etwa GUTENBERG, E.: Die Produktion, S. 5-8.

8) Vgl. so allgemein auch BUSSE VON COLBE, W. - LASSMANN, G.: Betriebswirtschaftstheorie, S. 66.

9) Diese Argumentation wählt für Dienstleistungen generell MALERI, Rudolf: Grundzüge der Dienstleistungsproduktion, Berlin-Heidelberg-New York 1973, S. 97. Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

faktoren zu rechnen wären, entziehen sich diese Faktoren - abgesehen von den bereits genannten Problemen - bisher weitgehend einer (insbesondere quantitativen) Erfassung[11].

Die mangelnde Zuordenbarkeit und Quantifizierbarkeit stehen somit einer Erfassung der (für Instandhaltungsleistungen) benötigten (menschlichen) Produktionsfaktoren als Elementarfaktoren oder dispositive Faktoren entgegen. Weil somit diese Unterteilung für die Entwicklung eines Systems der Produktionsfaktoren als Grundlage der Planung des Bedarfs und damit als Voraussetzung zur Ableitung von Beziehungen zwischen den einzusetzenden Faktoren einerseits und den Instandhaltungsleistungen andererseits nicht verwendbar ist, wird hier auf eine Differenzierung in dispositive Faktoren und Elementarfaktoren verzichtet[12].

Obschon Finanzmittel in einem dem Prozeß der Erbringung von Instandhaltungsleistungen vorgelagerten Prozeß der Bereitstellung (bzw. Bereithaltung) der zu den Realgütern[13]

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:

10) Diese Faktoren werden genannt von GUTENBERG, E.: Die Produktion, S. 7f.; MÄNNEL, Wolfgang: Unterlagen zur Lehrveranstaltung - Theorie der Produktionswirtschaft, Dortmund 1980, S. 110.

11) Vgl. so z. B. SCHWEITZER, M. - KÜPPER, H.-U.: Produktions- und Kostentheorie der Unternehmung, S. 44.

12) Vgl. auch SCHWEITZER (M.) und KÜPPER (H.-U.: Produktions- und Kostentheorie der Unternehmung, S. 45), die davon ausgehen, daß sich die Produktionstheorie "... auf primäre Ausführungs- und Realisationsprozesse beschränken..." muß, solange das Meßproblem nicht gelöst ist (die Unterstreichungen geben im Original kursiv geschriebenen Text wieder). Eine solche Unterteilung nimmt etwa auch nicht vor KILGER, Wolfgang: Produktionsfaktor, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, hrsg. von Erwin GROCHLA und Waldemar WITTMANN, 4. Aufl., Stuttgart 1975, Bd. I/2, Sp. 3097-3101.

13) Vgl. zu der Differenzierung in Nominal- und Realgüter z. B. KOSIOL, Erich: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre, Wiesbaden 1968, S. 124f.; CHMIELEWICZ, Klaus: Betriebliches Rechnungswesen 1, Finanzrechnung und Bilanz, Reinbek bei Hamburg 1973, S. 40; ALTENBURGER, Otto A.: Der entscheidungsorientierte Kostenbegriff, in: KRP, Jg. 1976, Heft 4, S. 149-155, hier S. 155.

zu zählenden Produktionsfaktoren benötigt werden, ist ihre Einbeziehung in der Produktionstheorie nicht üblich[14]. Da eine Finanzplanung außerdem von der Instandhaltung einerseits nicht oder nur sehr begrenzt (Teilfinanzplan im Sinne eines Ausgaben- bzw. Auszahlungsplanes) durchgeführt werden kann und sich andererseits die Auswirkungen von Änderungen in den Ausgaben- bzw. Auszahlungsplänen nur im Rahmen eines (Unternehmens-)Gesamtfinanzplanes berücksichtigen lassen, soll hier auch die Unterscheidung in Nominal- und Realgüter nicht aufgegriffen werden.

Bedeutung für die Planung des Bedarfs an Produktionsfaktoren und der (Instandhaltungs-)Kosten erlangt demgegenüber die Unterscheidung der Produktionsfaktoren nach ihrem Verzehrscharakter in Potential-[15] und Repetierfaktoren[16]. Wichtig ist diese Differenzierung insbesondere deshalb, weil aus der Zugehörigkeit einzelner Produktionsfaktoren zu diesen Faktorkategorien unterschiedliche Aussagen über den "Verbrauch" und somit voneinander abweichende Verfahren zur Ermittlung des Bedarfs an jenen Produktionsfaktoren sowie verschiedene Methoden der Kosten-

---

14) Vgl. so auch SCHWEITZER, M. - KÜPPER, H.-U.: Produktions- und Kostentheorie der Unternehmung, S. 26; HEINEN, Edmund: Das Kapital in der betriebswirtschaftlichen Kostentheorie, Wiesbaden 1966, S. 29f..

15) Vgl. zum Begriff "Potentialfaktor" BRUHN, Ernst-Egon: Die Bedeutung der Potentialfaktoren für die Unternehmungspolitik, Berlin 1965, S. 7o-78; HEINEN, E.: Kapital, S. 36.

16) Diese Unterscheidung treffen eine Vielzahl von Autoren, benutzen allerdings teilweise von der hier gewählten abweichende Begriffsfassungen. So werden vor allem die Begriffspaare Potential- und Verbrauchsfaktoren (BUSSE VON COLBE, W. - LASSMANN, G.: Betriebswirtschaftstheorie, S. 69; STEFFEN, R.: Analyse, S. 21; KILGER, W.: Produktionsfaktor, Sp. 3098) oder Bestands- und Verbrauchsfaktoren (KRELLE, W.: Produktionstheorie, S. 3) sowie Nutzungs- und Verbrauchsfaktoren (KOCH, Helmut: Das Gesetz vom abnehmenden Kapazitätszuwachs und seine produktionstheoretische Bedeutung, in: Produktionstheorie und Produktionsplanung, Festschrift für Karl Hax zum 65. Geb., hrsg. von Adolf MOXTER, Dieter SCHNEIDER und Waldemar WITTMANN, Köln und Opladen 1966, S. 107-153, hier S. 111) verwendet.

planung notwendig sind.

Für eine produktions- und kostentheoretische Analyse der Instandhaltung sind die Potentialfaktoren zunächst jedoch noch weiter danach zu unterscheiden, ob sie als Eigentums- oder Vertragspotentiale zur Verfügung stehen bzw. gestellt werden können[17]. Eigentumspotentiale sind durch Kauf oder Selbsterstellung im Unternehmen bereitgestellte Güter, an denen außer dem Nutzungsrecht auch - im Gegensatz zu Vertragspotentialen - Verfügungsgewalt besteht[18]. Nicht entscheidend ist dagegen, daß Vertragspotentiale - wie dies der Begriff vermuten lassen könnte - aufgrund eines Vertrages zur Verfügung stehen, denn dies gilt auch im Fall des Eigentumsübergangs durch Kauf. Vielmehr ist für produktions- und kostentheoretische Überlegungen von Bedeutung, daß man an die Potentialfaktoren je nach Art der Bereitstellung bzw. Verfügbarmachung unterschiedlich gebunden ist. Von Eigentumspotentialen kann man sich in der Regel zu jedem beliebigen Zeitpunkt entledigen[19], wenngleich dies in einigen Fällen wie etwa bei bestimmten Spezialmaschinen durchaus Probleme aufwerfen mag[20]. Die Möglichkeiten eines Abbaus von Vertragspotentialen sind demgegenüber dadurch eingeschränkt, daß dieser entweder zu einem im Vertrag festgelegten Termin ohnehin (durch Fristablauf) erfolgt oder es aber besonderer Maßnahmen zur Vertragslösung bedarf, wobei insbesondere bestimmte, vertraglich festgelegte Kündigungstermine und -fristen zu beachten sind. Bei letzterem Vertragstyp ist man somit jeweils für den Zeitraum der Kündigungsfrist vor dem nächstmöglichen Kündigungstermin an den (die) betreffenden Potentialfaktor(en) gebunden, wäh-

---

17) Vgl. LANGE, C.: Die betriebliche Anpassung, S. 125-134 und KOLLERER, H.: Betriebsunterbrechungen, S. 268-271 sowie die dort jeweils angegebene Literatur.
18) So KOLLERER, H.: Betriebsunterbrechungen, S. 268f..
19) Vgl. so auch RIEBEL, P.: Bereitschaftskosten, S. 376.
20) Vgl. hierzu NASTANSKY, Ludwig: Stillegungsentscheidungen, Zusammenfassung einiger Ergebnisse einer empirischen Untersuchung zur Handhabung des Stillegungsproblems in der unternehmerischen Praxis, in: ZfB, 47. Jg. (1977), S. 593-598, hier S. 596.

rend sich diese Bindung bei von vornherein befristeten Verträgen auf die gesamte Vertragsdauer erstreckt.

Schließlich lassen sich die Potential- und Repetierfaktoren noch nach ihren stofflich-körperlichen Eigenschaften in materielle und immaterielle Produktionsfaktoren weiter untergliedern[20].

Abb. 6.1 enthält eine zusammenfassende, systematisierende Darstellung der Produktionsfaktoren der Instandhaltung, in der gleichzeitig die Zuordnung einzelner Produktionsfaktorarten zu den herausgestellten Faktorkategorien enthalten ist.

Ohne auf alle Produktionsfaktorarten im einzelnen einzugehen[21], erscheint es hier in erster Linie wichtig, die Einordnung der Instandhaltungsobjekte in das Faktorsystem zu diskutieren. Da die Instandhaltungsobjekte in der Regel bei Ausführungen zu einzelnen Produktionsfaktoren der Instandhaltung - wie auch zu deren Gesamtheit - in der Literatur[22] nicht angesprochen werden, ist davon auszugehen, daß jene Autoren sie nicht als solche einstufen[23]. Als Produktionsfaktoren der Instandhaltung wurden alle Güter und Dienstleistungen bezeichnet, die zur Erstellung von Instandhaltungsleistungen benötigt werden. Daher mag die Ausklammerung der Instandhaltungsobjekte darin begründet sein, daß ihnen der Charakter von Gütern abgesprochen wird. Da sie jedoch die sonstigen

---

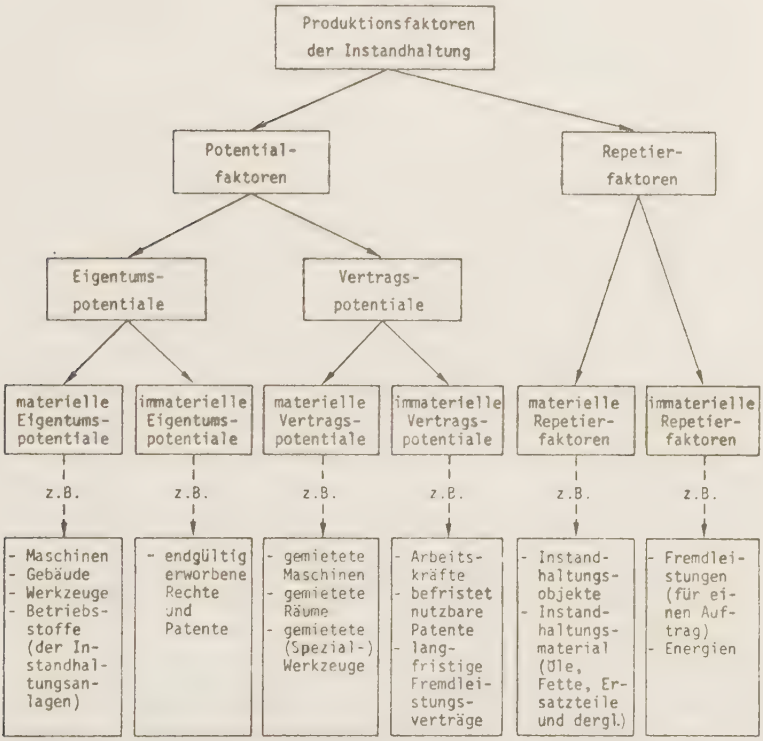
20) Auf dieses Kriterium stellt vor allem ab REHWINKEL, G.: Erfolgsorientierte Reihenfolgeplanung, S. 57f.. Vgl. auch SCHWEITZER, M. - KÜPPER, H.-U.: Produktions- und Kostentheorie der Unternehmung, S. 26 und S. 40-45.

21) Vgl. hierzu auch den Abschnitt B des 1. Kapitels dieser Arbeit.

22) Vgl. etwa MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 103-107; BROCKER, H.: Gedanken zur Situation der Instandhaltung, S. 37-39. Nach Kenntnis des Verfassers beschäftigt sich allein HERZIG (N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 288-290) mit dieser Frage.

23) Dies mag allerdings auch in der bisher recht geringen (produktions-)theoretischen Durchdringung des Instandhaltungsprozesses begründet sein.

Abb. 6.1: Systematik der Produktionsfaktoren der Instandhaltung



Eigenschaften eines (Wirtschafts-)Gutes[24] aufweisen, ist dies somit höchstens darauf zurückzuführen, daß Instandhaltungsobjekte keinen Preis haben[25]. Davon soll der

---

24) Vgl. zu den Eigenschaften von (Wirtschafts-)Gütern ausführlich KOSIOL, E.: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre, S. 124-135. Vgl. auch BUSSE VON COLBE, W. - LASSMANN, G.: Betriebswirtschaftstheorie, S. 62-64; CHMIELEWICZ, Klaus: Wirtschaftsgut und Rechnungswesen, in: ZfbF, 21. Jg. (1969), S. 85-102.

25) Man mag einwenden, daß der "Preis" der für die Dauer der Nichtnutzbarkeit (in der Produktion) entgehende Nutzenentgang sei (vgl. ähnlich auch für Dienstlei-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Gutscharakter hier jedoch nicht abhängig gemacht werden[26]. Weil Instandhaltungsobjekte für die Erstellung von Instandhaltungsleistungen von zentraler Bedeutung und zwingend erforderlich sind, werden sie in dieser Arbeit grundsätzlich zu den Produktionsfaktoren der Instandhaltung gerechnet[27].

Im weiteren ist somit zu diskutieren, zu welcher Kategorie von Produktionsfaktoren die Instandhaltungsobjekte zu zählen sind. Da diese in den Instandhaltungsprozeß einbezogen werden, um Änderungen ihres Zustands (Verschleißniveaus) bzw. ihres Verschleißverhaltens und somit wesentlicher ihrer Eigenschaften zu erreichen[28], liegt es nahe, sie mit dem Produktionsfaktor "Werkstoffe" zu vergleichen und sie folglich als Repetierfaktoren in das Faktorsystem einzuordnen. Die Instandhaltungsobjekte als Werkstoffe (der Instandhaltung) aufzufassen, lehnt HERZIG aus zwei Gründen ab[29]: Zum einen gingen Instandhaltungsobjekte in die Instandhaltungsleistung - anders als die Werkstoffe (in die Fertigungsleistung) - nicht substantiell ein und zum anderen könne man die Instandhaltungsobjekte im Gegensatz zu den Werkstoffen (nach de-

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
stungen allgemein MALERI, R.: Dienstleistungsproduktion, S. 92). Dies gilt jedoch schon dann nicht mehr, wenn die Instandhaltungsobjekte zu Zeiten instandgehalten werden, in denen sie ohnehin nicht genutzt würden (in Produktionspausen).

26) Vgl. so etwa auch KOSIOL, E.: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre, S. 132; KERN, Werner - FALLASCHINSKI, Karlheinz: Betriebswirtschaftliche Produktionsfaktoren, in: WISU, Jg. 1978, Heft 12, S. 58o-584 (I) und Jg. 1979, Heft 1, S. 15-18 (II), hier S. 17.

27. Vgl. so im Grundsatz auch HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 288.

28) Dies trifft allerdings nicht auf Verschleißbeobachtungsmaßnahmen zu. Ziel dieser Maßnahmen ist es vielmehr, Informationen bereitzustellen - vgl. auch den Abschnitt A I. des fünften Kapitels dieser Arbeit.

29) Vgl. HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 288-29o.

ren Bereitstellung) nicht autonom in einen Kombinationsprozeß einbeziehen. Letzteres erscheint jedoch nicht konsistent. Nach ihrer "Bereitstellung" sind die Instandhaltungsobjekte ebenso wie die Werkstoffe bezüglich Art, Zeitpunkt und Ort des Leistungsprozesses ebenso autonom einsetzbar wie die Werkstoffe[30]. Werden die Werkstoffe außerdem als "Leistungsobjekte"[31] bezeichnet, wird die Zuordnung der Instandhaltungsobjekte zu dieser Faktorkategorie offensichtlich. Ob Instandhaltungsobjekte als substantieller Bestandteil von Instandhaltungsleistungen oder ausschließlich als "...deren materielle Trägersubstanz..."[32] anzusehen sind, wird vornehmlich anhand der Komplexität, der Größe der Instandhaltungsobjekte - einzelne Bauteile oder Bauteilgruppen - zu entscheiden sein[33]. Eine generell gültige Festlegung erscheint diesbezüglich kaum möglich. Es bleibt jedoch zu untersuchen, ob die Instandhaltungsobjekte zu den (materiellen) Repetierfaktoren der Instandhaltung zu zählen sind oder nicht. Dies wird von HERZIG abgelehnt, da jene "...im Zeitablauf

---

30) Art und Ort des Instandhaltungsprozesses sind insbesondere von der Instandhaltungsverfahrenswahl abhängig, während die Zeitpunkte durch die Festlegung der Instandhaltungspolitik einerseits und die Reihenfolge- sowie Terminplanung andererseits bestimmt sind. Über die Dauer des Verbleibs im Instandhaltungsbereich entscheiden dabei (ebenso wie bei den Werkstoffen) wirtschaftliche Einflußgrößen - im Fall der Instandhaltungsobjekte die während der Nichtnutzbarkeit (in der Produktion) entstehenden (Opportunitäts-)Kosten und im Fall der Werkstoffe die Lagerhaltungs- und Bereitstellungskosten, wenngleich hier ein gradueller Unterschied bestehen bleibt.

31) Diese Bezeichnung wählt DIEDERICH, Helmut: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, I, 4. Aufl., Stuttgart-Düsseldorf 1974, S. 113; KERN, W. - FALLASCHINSKI, K. (Betriebswirtschaftliche Produktionsfaktoren, S. 17) nennen diese Produktionsfaktoren "Objektfaktoren" (branchenabhängige Leistungsobjekte) und fassen darunter Verarbeitungsstoffe, Bearbeitungsobjekte und Durchlaufobjekte.

32) HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 289.

33) So wird man einen nachgeschliffenen Drehmeißel als substantiellen Bestandteil der Instandhaltungsleistung ansehen können, während dies z. B. für einen Vergaser, an dem eine Dichtung erneuert wurde, wohl nicht zutrifft.

mehrfach Gegenstand von Instandhaltungsleistungen..."[34] sein können. Vielmehr geht er davon aus, daß Instandhaltungsobjekte zu einem eigenständigen "externen" Faktor zusammenzufassen seien, da sie nur temporär in den Instandhaltungsprozeß einbezogen werden[35]. Dieser Argumentation steht jedoch entgegen, daß die Instandhaltungsobjekte bei ihrer Einbeziehung in den Instandhaltungsprozeß in der Regel eine unterschiedliche Beschaffenheit und somit auch eine unterschiedliche Qualität aufweisen und im strengen produktionstheoretischen Sinn Güter unterschiedlicher Qualität als unterschiedliche Produktionsfaktoren einzustufen sind[36]. Damit sind die Instandhaltungsobjekte nach ihrem (einmaligen) Einsatz im Instandhaltungsprozeß im strengen Sinne aus der Sicht der Instandhaltung als verbraucht und damit als Repetierfaktoren anzusehen[37].

Demgegenüber werden die außerdem für die Erstellung von Instandhaltungsleistungen benötigten, vom Beschaffungsmarkt oder durch Selbstherstellung im Unternehmen bereitzustellenden sonstigen, aus der Sicht der Instandhaltung als Repetierfaktoren zu verstehenden Güter - wie z. B. Schmier-, Reinigung- und Korrosionsschutzmittel, Dichtungen, Bleche usw. - unter dem Oberbegriff Instandhaltungsmaterial zusammengefaßt[38].

---

34) HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 289.
35) Vgl. ebenda, S. 29o.
36) Vgl. so z. B. ADAM, Dietrich: Produktionspolitik, 2. Aufl., Wiesbaden 1977, S. 64; SCHRÖDER, Hans-Horst: Zum Problem einer Produktionsfunktion für Forschung und Entwicklung, Meisenheim am Glan 1973, S. 2of. und die dort angegebene Literatur.
37) Dies wird besonders deutlich im Fall der einen Teil der Substanz abtragenden (z. B. Nachschleifen von Drehmeißeln, Ausdrehen von Bremstrommeln u. ä.) und der austauschenden Verschleißbeseitigung, denn in diesem Fall gehen die betreffenden Instandhaltungsobjekte auch physisch unter. Im Fall verschleißhemmender Maßnahmen - wie etwa dem Ölwechsel oder der Erneuerung eines Schutzanstriches - ist dabei als das Instandhaltungsobjekt nicht die (vor Korrosion) zu schützende Fläche oder das mit Öl (vor der Reibung mit anderen Teilen) zu schützende Lager, sondern im

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

B Ermittlung des Bedarfs an Produktionsfaktoren für eine einzelne Instandhaltungsleistung

I. Planung des Bedarfs an Potentialfaktoren

1. Planung des Personalbedarfs

a) Vorbemerkungen

Die Notwendigkeit einer auf eine einzelne Instandhaltungsleistung abstellenden Planung des Personalbedarfs leitet sich aus mehreren Gründen her[39]. Sie ist zunächst eine wichtige Grundlage für die Zuordnung des "richtigen" Personals zu der betreffenden Leistung. Anders als im Fertigungsbereich, wo den einzelnen Arbeitskräften häufig (einmalig) bestimmte Arbeitsplätze zugewiesen werden und diese Arbeitsplätze mit möglichst gleichartigem Arbeitsinhalt so lange wie möglich zugewiesen bleiben sollen[40], bildet in der Instandhaltung - gegebenenfalls mit Ausnahme der (zentralen) Werkstätten - gerade die Zuordnung von Aufträgen an wechselnden Arbeitsplätzen zu dem Instandhaltungspersonal ein immer wiederkehrendes Problem.

Zum zweiten bedeutet die Planung des Personalbedarfs für eine Instandhaltungsleistung - neben der Reihenfolge- und Terminplanung der Instandhaltung - eine wesentliche Grundlage für die Planung der qualitativen und quantitativen (personellen) Kapazität der Instandhaltung. Dieser Zweck kann umso eher erreicht werden, je größer der

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
strengen Sinne jeweils der Anstrich oder das Öl das betreffende Instandhaltungsobjekt.

38) Vgl. so HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 29o-292.

39) Die Reihenfolge der Behandlung dieser Gründe bzw. der Zwecke der Personalbedarfsplanung soll keine Wertung dieser Ziele wiedergeben, da deren Bedeutung durchaus variieren kann.

4o) Vor allem wegen der Ausnutzung von Lernerfolgen, aber auch wegen der Bemühungen um eine möglichst gute Arbeitsplatzgestaltung.

Anteil der (bereits langfristig durch die Strategieplanung) geplanten Instandhaltungsleistungen ist.

Über die Kapazitätsplanung dient die Personalbedarfsplanung gleichzeitig auch als Ausgangspunkt der (periodenbezogenen) Planung der Lohnkosten der Instandhaltung. Demgegenüber kann sie nicht - wie dies in der Literatur zuweilen verstanden wird[41] - dazu benutzt werden, die Lohn- bzw. Personalkosten für eine einzelne Instandhaltungsleistung zu planen, weil die Lohnkosten in der Regel zu den Bereitschaftskosten zu zählen sind, deren Schlüsselung auf einzelne Leistungen nicht zulässig ist. Dagegen kann sie jedoch ein Mittel zur Festlegung eines anforderungsgerechten Lohnes sein.

Viertens vermag die Planung des Personalbedarfs eine Basis für die Ermittlung der Produktivität[42] der Arbeitskräfte in der Instandhaltung abzugeben, wenngleich dies mit einigen Meßproblemen verbunden ist.

Schließlich sei fünftens schon hier darauf hingewiesen, daß sie als Grundlage der Planung des Bedarfs an anderen, vom Personalbedarf abhängigen Produktionsfaktoreinsätzen der Instandhaltung dienen kann (z. B. bestimmte Werkzeuge), wenngleich eine Abhängigkeit auch (zumindest langfristig) in umgekehrter Richtung zu beachten ist[43].

---

41) Vgl. so etwa HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 3.

42) Zum Begriff der Produktivität vgl. z. B. ZIMMERMANN, Gebhard: Ergiebigkeitsmaße für die Produktion, in: Handwörterbuch der Produktionswirtschaft, hrsg. von Werner KERN, Stuttgart 1979, Sp. 52o-528 und die dort angegebene Literatur.

43) Man denke etwa an die Abhängigkeit des Personalbedarfs von den vorhandenen respektive bereitzustellenden Anlagen der Instandhaltung. Wenn auch das Personal gerade im Instandhaltungsbereich ein vielfach dominierender Produktionsfaktor ist, kann doch möglicherweise in der Zukunft durch entsprechende Standardisierungs- und Automatisierungsbestrebungen ein solcher Effekt eintreten.

Unterstützt wird die aus den genannten Gründen resultierende Notwendigkeit der Planung des Personalbedarfs außerdem von der erheblichen Bedeutung der menschlichen Arbeitskraft im Instandhaltungsbereich, die etwa aus dem hohen Anteil der Personal- bzw. Lohnkosten an den gesamten Instandhaltungskosten zu ersehen ist[44].

b) Problematik der Messung des Personalbedarfs für eine einzelne Instandhaltungsleistung

Die erhebliche Bedeutung des Potentials "Arbeitskraft" für die Instandhaltung einerseits und die vielfältigen Zwecke, denen die Planung des Personalbedarfs zu dienen vermag, andererseits erfordern zunächst ein Eingehen auf die Art und Weise bzw. die Möglichkeiten der Messung des Personaleinsatzes für die einzelne Instandhaltungsleistung. Denn im Gegensatz zur Konkretisierung des Bedarfs bei vielen materiellen Sachgütern ist die Ermittlung des hierzu benötigten Arbeitseinsatzes dem erheblichen Problem ausgesetzt, daß geeignete Größen zur Messung bzw. zur detaillierten Beschreibung des erforderlichen Arbeitseinsatzes nicht unmittelbar zur Verfügung stehen[45].

---

44) Vgl. dazu etwa GÖTZFRIED, Franz: Wirtschaftliche Fabrikinstandhaltung, S. 265-268, der den Anteil der Personalkosten an den gesamten Instandhaltungskosten mit einem Wert zwischen 45 und 65 Prozent angibt (S. 265). PRÜSS (D. u. a.: Der Instandhaltungs- und Reparaturbetrieb, S. 1o79) gehen von einem Anteil der Lohnkosten von 5o bis 6o Prozent aus; ebenso KUND, Joachim: Optimierung des Arbeitskräfteeinsatzes in der Instandhaltung, Leipzig 1971, S. 14. FALLER (S.: Bereitstellung von Instandhaltungspersonal, S. 27o) kommt in einer (begrenzten) Untersuchung zu dem Ergebnis, daß der Anteil der Personalkosten in unterschiedlichen Branchen zwischen etwa 3o und 74 Prozent liegt; der Anteil der Zahl der Instandhaltungshandwerker an den Fertigungsarbeitern reicht nach dieser Untersuchung bis zu 58 Prozent. Ähnlich geben KÖLBEL, H. - SCHULZE, J.: Wirtschaftlichkeitskontrolle, S. 43 den Anteil der Personalkosten zwischen ca. 3o und 7o Prozent an.

45) Dies erklärt u. a. auch die bisher gegenüber anderen Produktionsfaktoren vergleichsweise geringe Berücksichtigung des Faktors Arbeit in produktionstheoretischen Modellen. Vgl. hierzu auch STEFFEN, R.: Ana-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Dies mag angesichts doch zumindest bei erster Betrachtung recht eindeutig erscheinender Maßgrößen für die "Menge" des Personalbedarfs, wie vor allem Zahl und Einsatzdauer der Handwerker, die zudem in der Instandhaltungsliteratur[46] regelmäßig benutzt werden, verwundern. Eine genauere Analyse zeigt jedoch, daß beide Maßgrößen nur sehr begrenzt in der Lage sind, den Arbeitseinsatz zu messen und damit auch nicht uneingeschränkt - zumindest nicht allein - zur Planung des Personalbedarfs herangezogen werden können.

Wenngleich die Zahl der Arbeitskräfte zur näheren Charakterisierung des Personalbedarfs auch für eine einzelne Instandhaltungsleistung eine nicht vernachlässigbare Kenngröße ist, reicht ihre ausschließliche Verwendung für die Planung des Personalbedarfs nicht aus. Eine wesentliche Einschränkung resultiert nämlich schon daraus, daß mit der Zahl der Arbeitskräfte auf eine sehr globale Maßgröße für den Bedarf abgestellt wird; hinzu kommt die mangelnde Teilbarkeit dieser (Produktions-)Faktormaßeinheit[47].

Auch die "Einsatzdauer" (z. B. eine Arbeitsstunde oder ein Arbeitstag) als alleinigen Maßstab für den Personalbedarf zu verwenden[48], führt aus mehreren Gründen zu

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
lyse, S. 81; HEINEN, E.: Kapital, S. 58. Vgl. ausführlich zur Untersuchung der in bisherigen produktionstheoretischen Modellen anzutreffenden Einbeziehung dieses Produktionsfaktors insbesondere REICHWALD, Ralf: Arbeit als Produktionsfaktor, München 1977; siehe auch ZIERUL, H.: Die menschliche Arbeit in einer dynamischen Produktionstheorie, Köln 1974.

46) Vgl. beispielhaft etwa MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 1o5; SCHELO, S. J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 261; ERDMANN, Wolfgang: Möglichkeiten und Grenzen der Zeitvorgabe 3o9f.

47) Vgl. so auch REICHWALD, R.: Arbeit als Produktionsfaktor, S. 26f..

48) Die Arbeitszeit allein (gegebenenfalls noch unter Berücksichtigung der jeweiligen Berufsgruppe) zur Planung (und Messung) des Arbeitseinsatzes zu verwenden, ist in der Instandhaltungsliteratur durch- Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

wenig aussagefähigen Ergebnissen. Eine erste Ursache dafür ist schon darin zu sehen, daß sich die einzelnen Arbeitskräfte der Instandhaltung in der Regel schon aufgrund ihrer Ausbildung und ihrer individuellen Anlagen voneinander unterscheiden. Diese qualitativen interpersonalen Unterschiede verhindern, daß die Arbeitszeit bzw. die Einsatzdauer eine "...nach Art und Umfang eindeutige Faktoreinheit..."[49] darstellt. Die zu fordernde Homogenität der Faktoreinheiten bzw. "Faktoreinsatzmengen" wird auch nicht schon dadurch erreicht, daß die einzelne Arbeitskraft als jeweils ein Produktionsfaktor aufgefaßt wird. Es ist nämlich zu berücksichtigen, daß eine Person unterschiedliche Fähigkeiten in sich vereinen und daher verschiedenartige Tätigkeiten ausüben kann. Als weiteres wesentliches Hemmnis steht auch bezogen auf eine einzelne Person der Annahme eines im Zeitablauf homogenen Arbeitsverhaltens entgegen, daß dieses in qualitativer und quantitativer Sicht schwankt[50], weil auf das Arbeitsverhalten eine Reihe von Bestimmungsfaktoren Einfluß nehmen, deren Ausprägung sich innerhalb eines Zeit-

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
aus üblich. Vgl. z. B. MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 1o5; MÜLLER-OEHRING, H. - HERZIG, N.: Wirtschaftlichkeitsprobleme der Instandhaltung, S. 23o; BIGGANE, James F.: Fertigungsplanung und Zeitvorgabe bei Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten, in: Arbeitsstudium und Instandhaltung, hrsg. vom Kurt-Hegner-Institut für Arbeitswissenschaft des Verbandes für Arbeitsstudien - REFA e. V., Berlin-Köln-Frankfurt a. M. 1963, S. 27-39, insbes. S. 35f.; ERDMANN, W.: Möglichkeiten und Grenzen der Zeitvorgabe, S. 3o9f.; DERS.: Zeitvorgabe bei Instandhaltungsarbeiten, S. 75; GROTHUS, H.: Planzeiten für Instandhaltearbeiten, S. 297; RIETDORF, B.: Planmässige Anlagenerhaltung, S. 34; ORDELHEIDE, D.: Instandhaltungsplanung, S. 75.

49) STEFFEN, R.: Analyse, S. 1o2. Vgl. ähnlich REICHWALD, R.: Arbeit als Produktionsfaktor, S. 27.

5o) Vgl. so auch REICHWALD, R.: Arbeit als Produktionsfaktor, S. 27; STEFFEN, R.: Analyse, S. 1o2. So ist z. B. zu berücksichtigen, daß eine Stunde Arbeitszeit am Vormittag in der Regel nicht die gleiche Produktivität aufweist wie eine Stunde in der Nacht. Außerdem kann sich die "Produktivität einer Einsatzstunde" auch durch Lernerfolge ("-verluste" durch mangelnde Übung) oder durch Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen im Zeitablauf verändern.

raums verändern und deren Bedeutung untereinander wechseln kann[51].

Daher steht in produktionstheoretischen Beiträgen statt der Arbeitszeit teilweise die Leistungsabgabe je Zeiteinheit des Faktors Arbeitskraft - gemessen etwa in der Zahl der Arbeitsverrichtungen oder im produzierten Output - im Vordergrund[52]. Auch der Verwendung dieser Maßgröße stehen jedoch einige Bedenken entgegen. Selbst wenn hierbei gleiche Arbeitsverrichtungen bzw. gleiche Leistungen unterstellt werden, läßt sich daraus noch keine Aussage über den "Input", die effektive Inanspruchnahme dieses Produktionsfaktors ableiten. Dies liegt letztlich somit darin begründet, daß die Einsatzseite des Faktors Arbeitskraft nicht hinreichend spezifiziert ist[53]. Außerdem kann auch die Zahl der Arbeitsverrichtungen je Zeiteinheit innerhalb eines bestimmten Zeitraumes schwanken und sagt dann noch nichts darüber aus, welche von mehreren Arbeitskräften für eine bestimmte Anzahl bestimmter Verrichtungen einzusetzen ist. Sie erlaubt somit keine genügend konkrete Bedarfs- und Einsatzplanung.

---

51) Aus all diesen Gründen kann zwar die von GÖTZFRIED (F.: Wirtschaftliche Fabrikinstandhaltung, S. 265) getroffene Feststellung, daß ohne eine einigermaßen brauchbare Übersicht des Arbeitsanfalles und zwar nach Art und Zeitbedarf der Instandhaltungsarbeiten "...der wirkliche Personalbedarf auch nicht annähernd genau ermittelt werden..." kann, nicht abgelehnt werden, es muß jedoch die Forderung nach einer weitergehenden Spezifizierung des "Arbeitsanfalles" und des daraus resultierenden Personalbedarfs erhoben werden.

52) Vgl. z. B. SCHWEITZER, M. - KÜPPER, H.-U.: Produktions- und Kostentheorie der Unternehmung, S. 43f.; vgl. auch REICHWALD, R.: Arbeit als Produktionsfaktor, S. 27.

53) Die eigentliche Ursache ist also nicht in einer mangelnden Zuordenbarkeit eines Preises auf eine einzelne Arbeitsverrichtung zu sehen, wie dies STEFFEN (R.: Analyse, S. 1o3f.) meint. Dieses Argument gilt nämlich in gleicher Weise auch für die Maßgröße Arbeitszeit, zumindest für einen Teil einer (vertraglich zur Verfügung gestellten) Arbeitszeit und erst recht im Fall vertraglich nicht auf einen bestimmten Zeitraum festgelegter (Gesamt-)Arbeitszeit.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die diskutierten Maßgrößen und anderen Kriterien für eine die Anforderungen einer effizienten Produktionsfunktion erfüllende Planung des Personalbedarfs und damit auch für die eingangs genannten, auf der Planung des Personalbedarfs für eine einzelne Instandhaltungsleistung aufbauenden Planungen noch nicht ausreichen.

Zur Ermittlung des Personalbedarfs für eine einzelne Instandhaltungsleistung sind somit weitergehende Überlegungen anzustellen, die insbesondere eine konkretere Beschreibung des benötigten Arbeitseinsatzes erforderlich machen. Dies ist vor allem auch deswegen notwendig, weil eine nur auf die bisher genannten Kriterien abstellende Personalbedarfsplanung dazu führen muß, daß ein nicht unerheblicher Teil zumindest der qualitativen Kapazität der Instandhaltungshandwerker nicht ausgenutzt wird, weil es dann nämlich tatsächlich dazu kommt, daß sich "der Arbeitsbereich eines Instandhaltungsmannes...von der einfachsten Schmierkontrolle bis zur anspruchsvollsten Ein- und Nachstellarbeit an einer Hochleistungsschleifspindel..."[54] erstreckt.

In der Literatur zur Instandhaltung werden hinsichtlich der Anforderungen, die eine Instandhaltungsleistung an das Instandhaltungspersonal stellt, zumeist nur relativ bescheidene Differenzierungen vorgenommen. Zum großen Teil unterscheidet man nur nach der Art der fachbezogenen Ausbildung zwischen einzelnen Berufsgruppen, wie dies etwa in der Unterteilung in Schlosser, Elektriker, Schreiner usw. zum Ausdruck kommt[55]. Es ist offensichtlich,

---

54) TANNER, W.: Werkzeugmaschinen- und Anlagenunterhalt, in: Technische Rundschau, Jg. 1973, Nr. 4o, S. 25-29, hier S. 29.

55) Vgl. so z. B. GROTHUS, H.: Die Total Vorbeugende Instandhaltung, S. 121f.; MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 1o5; SCHELO, S. J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 218 und 252; ACKERMANN, W. - BUHL, H.: Planung, Steuerung und Kontrolle von Instandhaltungsarbeiten, in: Instandhaltung - Ein Managementproblem der Anlagenwirtschaft,

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

daß eine solche Differenzierung allein noch nicht ausreicht. Sie muß in erster Annäherung an eine sorgfältigere Einsatzplanung der Instandhaltungshandwerker zumindest ergänzt werden um die Unterscheidung nach dem Stand der Ausbildung in Hilfs- und Facharbeiter[56] - eventuell ergänzt um angelernte Arbeiter[57] - und nach dem Grad der Spezialisierung in Universalhandwerker und Spezialisten[58]; letzteres wiederum in Verrichtungs- und Objektspezialisierung[59].

Mit diesen Differenzierungen werden die von einer Instandhaltungsleistung ausgehenden Anforderungen einerseits und die dadurch hervorgerufene Beanspruchung der Arbeitskraft andererseits aber nur zu einem verhältnismäßig geringen Teil erfaßt[60]. Insbesondere im Hinblick auf die produktionstheoretische Erklärung des Arbeitseinsatzes und seiner Messung haben GUTENBERG's[61] Arbeiten und darauf aufbauende Beiträge anderer Autoren[62] die Herausarbeitung von Bestimmungsfaktoren der "Ergiebigkeit" des Produktionsfaktors Arbeitskraft zum Inhalt. Sie gehen davon aus, daß die Ergiebigkeit des Arbeitseinsatzes von

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
2. Arbeitsbericht des Arbeitskreise ANLAGENWIRTSCHAFT DER SCHMALENBACH-GESELLSCHAFT, Köln 1978, S. 81-112, hier S. 91; WILLE, F.: Wege zur Senkung der Instandhaltungskosten, S. 46.

56) Vgl. hierzu HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 163.

57) Vgl. so etwa FALLER, S.: Bereitstellung von Instandhaltungspersonal, S. 273.

58) Vgl. HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 163.

59) Vgl. FALLER, S.: Bereitstellung von Instandhaltungspersonal, S. 273f.; PRÜSS, D. u. a.: Der Instandhaltungs- und Reparaturbetrieb, S. 1o76.

6o) Es ist plausibel, daß aufgrund einer solchen unzureichenden Planung "in vielen Erhaltungsbetrieben... niemand einen rechten Begriff davon (hat, der Verf.), was ein Handwerker leisten kann." So PRÜSS, D. u. a.: Der Instandhaltungs- und Reparaturbetrieb, S. 1o79. Vgl. ebenso MURPHY, M. J.: Normale Leistungen auch in der Instandhaltung, S. 9-1o, hier S. 9.

61) Vgl. GUTENBERG, E.: Die Produktion, S. 11-4o.

62) Vgl. vor allem SCHRÖDER, H.-H.: Produktionsfunktion für Forschung und Entwicklung, S. 36; HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 3o1f.; STEFFEN, R.: Analyse, S. 82-9o und S. 1o4-122.

dem Grad der Übereinstimmung zwischen den an die Arbeitskraft gestellten Anforderungen (dem Anforderungsprofil) einerseits und dem realisierten Eignungspotential der Arbeitskraft (dem Eignungsprofil) andererseits abhängt. Dabei werden unter dem realisierten Eignungspotential die bezüglich der Anforderungen relevanten Eigenschaften und Voraussetzungen der Arbeitskraft zusammengefaßt, die wiederum deren Arbeitsverhalten bestimmen (vgl. hierzu Abb. 6.2)[63].

Geht man davon aus, daß die Bereitstellung der "richtigen" Arbeitskräfte im Sinne einer anforderungsgerechten Auswahl und Einstellung der Instandhaltungshandwerker eine nachgelagerte bzw. eine von der betrieblichen Personalwirtschaft zu lösende Aufgabe ist, kann man sich für die Planung des Bedarfs an Arbeitskräften auch für eine einzelne Instandhaltungsleistung auf die Ermittlung der Arbeitsanforderungen beschränken. Die über die für eine einzelne Leistung hinaus sich vor allem etwa auf eine Periode erstreckende Planung des Personalbedarfs bereitet allerdings gegenüber derselben in vielen Fertigungsbereichen zu lösenden Aufgabe erhebliche Schwierigkeiten. Dies liegt insbesondere darin begründet, daß sich diese Planungsaufgabe im Instandhaltungsbereich nicht auf Arbeitsplätze - mit Ausnahme bestimmter Stellen in (zentralen) Werkstätten - beziehen kann sondern nur auf die einzelnen zu bewältigenden Instandhaltungsleistungen. Diesem Problem kann man sich wegen der heterogenen Anforderungen auch nicht durch die Bildung eines fiktiven Arbeitsplatzes als "ausschließlich organisatorische Einheit"[64] entziehen. Vielmehr sind die Anforderungen

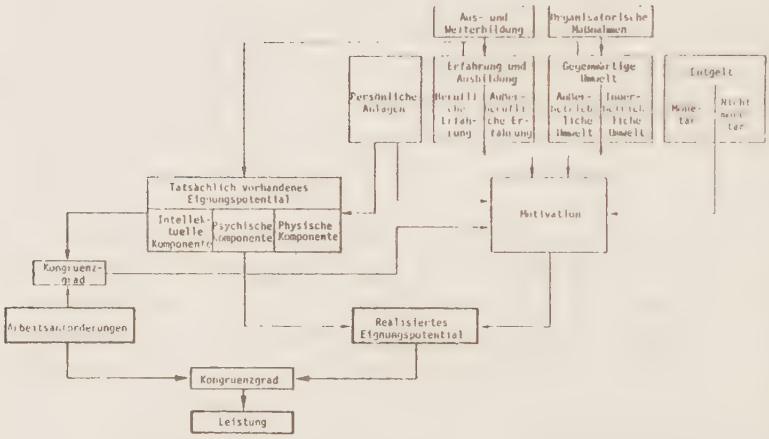
---

63) Die Abbildung ist angelehnt an eine entsprechende Darstellung bei SCHRÖDER, H.-H.: Produktionsfunktion für Forschung und Entwicklung, S. 36

64) Vgl. so HERZIG (N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 3o5), der dann allerdings einem solchen Arbeitsplatz heterogene Leistungen zuordnet, die unterschiedliche Anforderungen an die betreffende Arbeitskraft stellen. Als Anforderungsprofil eines Arbeitsplatzes erhält er folglich statt einer Kurve, die die Anforderungen für homogene Leistungen wiedergibt, ein Feld, "...das

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Abb. 6.2: Überblick über die Determinanten der menschlichen Arbeitsleistung



bezogen auf eine einzelne Instandhaltungsleistung herauszuarbeiten.

Die Anforderungen, die die Ausführung von Instandhaltungsleistungen an die Arbeitskräfte der Instandhaltung stellt, können durch Verfahren der Arbeitsbewertung konkretisiert werden[65]. Die analytischen Arbeitsbewertungsverfahren

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
von den Linien maximaler und minimaler Anforderungen begrenzt wird, welche die Extremwerte je Anforderungsart miteinander verbinden" (S. 3o5). Für die Personalbedarfs(kapazitäts-)planung stellt er im weiteren jedoch nur auf die Linie maximaler Anforderungen ab. Dem ist nach Ansicht des Verfassers entgegenzuhalten, daß durch diese Vorgehensweise eine Tendenz zur Überhöhung des Bedarfs(Anforderungs-)niveaus ausgelöst wird, was auch in der Forderung HERZIG's zum Ausdruck kommt, daß "...ein Instandhaltungsarbeiter in der Lage sein (muß, der Verf.), auch den maximalen Anforderungen an seinem Arbeitsplatz gerecht zu werden" (S. 3o5).

65) Vgl. hierzu z. B. HENNEKE, A.: Die Verfahren der Arbeitsbewertung, Düsseldorf 1965; WIBBE, Josef: Arbeitsbewertung, 3. Aufl., München 1966; DERSELBE: Arbeitsbewertung, Methoden der, in: Handwörterbuch der Produktionswirtschaft, hrsg. von Werner KERN, Stutt-
Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

bieten insbesondere für komplexere Arbeiten gegenüber summarischen Verfahren eine geeignetere Grundlage für die Erfassung der Anforderungen, weil sie explizit auf die einzelnen Anforderungsarten Bezug nehmen[66]. Diese bauen in der Regel auf dem 1950 erarbeiteten "Genfer Schema"[67] auf. STEFFEN schlägt in Anlehnung an die Arbeiten von EULER/STEVENS[68] eine Gliederung in die Merkmalsgruppen "erforderliches Wissen und Können", "erforderliche Verantwortung", "bei der Ausführung der Arbeitsverrichtungen entstehende körperliche und geistige Beanspruchung" und "Belastung aufgrund von Umgebungseinflüssen" vor[69]. Diese Merkmalsgruppen werden weiter untergliedert in Hauptmerkmale[70] und Untermerkmale[71].

Für die Ermittlung des für eine bestimmte Leistung erforderlichen Arbeitseinsatzes sind die einzelnen Anforderungsarten in ihrem Ausmaß zu erfassen. Da die überwiegende Zahl der Anforderungsarten einer Quantifizierung nicht unmittelbar zugänglich ist[72], wird die für die

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
gart 1979, Sp. 1o4-115 und die dort angegebene Literatur; TENCKHOFF, Philipp: Arbeitsbewertung: Anforderungsarten und -profile, in: Handwörterbuch der Produktionswirtschaft, hrsg. von Werner KERN, Stuttgart 1979, Sp. 83-99 und die dort angegebene Literatur.

66) Vgl. so auch STEFFEN, R.: Analyse industrieller Elementarfaktoren, S. 1o6.

67) Vgl. dazu WIBBE, J.: Arbeitsbewertung, S. 12f..

68) Vgl. EULER, H. - STEVENS, H.: Die analytische Arbeitsbewertung als Hilfsmittel zur Bestimmung der Arbeitsschwierigkeit, Heft 3 der Sozialwirtschaftlichen Schriftenreihe der Wirtschaftsvereinigung Eisen- und Stahlindutrie, 4. Aufl., Düsseldorf 1965.

69) STEFFEN, R.: Analyse, S. 1o7.

7o) Als Hauptmerkmale der Merkmalsgruppe "erforderliches Wissen und Können" beschreibt STEFFEN (R.: Analyse, S. 1o7 und 1o9) die erforderlichen Fachkenntnisse, die notwendige Geschicklichkeit und die Arbeitsausführung.

71) Unterscheidungsmerkmale des Hauptmerkmals erforderliche Fachkenntnisse sind etwa die erforderliche Berufsausbildung und -erfahrung; vgl. so STEFFEN, R.: Analyse, S. 1o7 und 1o9.

72) Vgl. zur Problematik der quantitativen Erfassung der erforderlichen Ausprägung der Anforderungsarten STEFFEN, R.: Analyse, S. 1o7-112 und die dort angegebene Literatur.

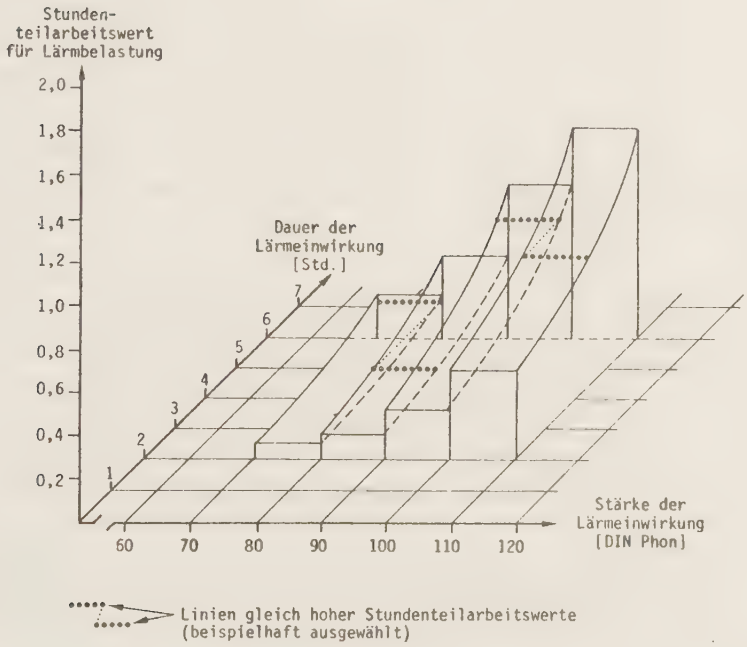
Ausführung einer bestimmten Leistung erforderliche Ausprägung der einzelnen Anforderungsmerkmale in der Regel durch die Bildung von (z. B. Stufen- oder Rangreihen-)-Wertzahlen angegeben[73]. Im Rahmen der analytischen Arbeitsbewertung werden anschließend die durch die Wertzahlen erfaßten Ausprägungen der einzelnen Anforderungsarten zu einer Kennzahl - dem Arbeitswert - zusammengefaßt[74].

STEFFEN schlägt nun vor, diesen Arbeitswert für die produktionstheoretische Erklärung des Arbeitseinsatzes heranzuziehen[75]. Für die weitere Erläuterung wird zunächst von dem Fall ausgegangen, daß der Arbeiter an einem festgelegten Arbeitsplatz die Durchführung ganz bestimmter, nicht beeinflußbarer, jeweils gleicher Arbeiten zu übernehmen hat. STEFFEN ermittelt den Arbeitswert "...als Maß für die vom Arbeiter zu überwindenden Anforderungen..."[76] grundsätzlich zeitraumbezogen als Stundenarbeitswert. Dieser setzt sich aus mehreren Stundenteilarbeitswerten zusammen, die auf die einzelnen Anforderungsarten abstellend ermittelt werden. Dies ist am Beispiel des Anforderungsmerkmals "Lärm" (als Untermerkmal der Merkmalsgruppe "Belastung aufgrund von Umgebungseinflüssen" in Abb. 6.3 dargestellt, wobei davon ausgegangen wird, daß die Ausprägung der Anforderungsart "Lärm" (die Belastung durch den Lärm) von zwei Einflußgrößen - der Lautstärke (gemessen in DIN Phon) und der Dauer der Lärmbelastung je Schicht (gemessen in Stunden) - abhängig ist[77]. Die Stundenteilarbeitswerte geben somit die innerhalb einer Arbeitsstunde an den Arbeiter gestellten Beanspruchungen bezüglich einer Anfor-

---

73) Vgl. so auch HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 306
74) Vgl. WIBBE, J.: Arbeitsbewertung, S. 29.
75) Vgl. hierzu und zum folgenden STEFFEN, R.: Analyse, S. 112-122.
76) Ebenda, S. 113.
77) Die Werte des Beispiels sind entnommen aus STEFFEN (R.: Analyse industrieller Elementarfaktoren, S. 114), der sich anlehnt an EULER, H. - STEVENS, H.: Die analytische Arbeitsbewertung, S. 77f.; die Darstellungsweise ist modifiziert, worauf später noch einmal zurückgegriffen wird (vgl. Fußnote 80).

Abb. 6.3: Graphische Darstellung einer beispielhaften Ermittlung eines Stundenteilarbeitswertes (Stundenarbeitswert bezüglich einer Anforderungsart) unter Berücksichtigung zweier Einflußgrößen



derungsart an. Die Addition dieser Stundenteilarbeitswerte liefert dann den - für jede Arbeitsstunde konstanten - Stundenarbeitswert.

Für den Fall, daß der Arbeiter die Art und Weise bzw. insbesondere die Geschwindigkeit der Arbeitsausführung (die Anzahl der Arbeitsverrichtungen je Stunde) beeinflussen kann, schlägt STEFFEN eine differenzierte Ermittlung vor. Davon ausgehend, daß unterschiedliche Arbeitsintensitäten den Arbeiter unterschiedlich stark belasten, ist für jede realisierbare Arbeitsgeschwindigkeit der zugehörige Arbeitswert zu erfassen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß der Arbeitswert sich nicht proportional mit der Anzahl der Arbeitsverrichtungen än-

dert sondern unterproportional, weil ein Teil der Anforderungen von der Arbeitsgeschwindigkeit unabhängig ist, wie etwa bestimmte Umgebungseinflüsse (z. B. Lärm, Schmutz, Raumtemperatur u. ä.). Zu den sich aus diesen Anforderungen ergebenden Stundenteilarbeitswerten sind die Stundenteilarbeitswerte zu addieren, deren Höhe aus der Zahl der Arbeitsverrichtungen einer bestimmten Art je Stunde, multipliziert mit einem verrichtungspezifischen Arbeitswert[78], resultiert. Der gesamte Stundenarbeitswert setzt sich somit aus einem von der Arbeitsgeschwindigkeit unabhängigen und einem von ihr abhängigen Teil zusammen, wie dies in Abb. 6.4 veranschaulicht ist[79].

Wenngleich die betriebswirtschaftliche Produktionstheorie durch diese Berücksichtigung arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse die Beschreibung des Einsatzes bzw. des "Verbrauchs" des Produktionsfaktors menschliche Arbeitskraft an Aussagekraft gewinnt, ist damit das Problem der Planung des Personalbedarfs für eine bestimmte Instandhaltungsleistung als noch nicht endgültig gelöst anzusehen. Abgesehen von Schwierigkeiten, die bei der Quantifizierung bzw. der Erfassung der Anforderungen auftreten, ergeben sich insbesondere drei Probleme.

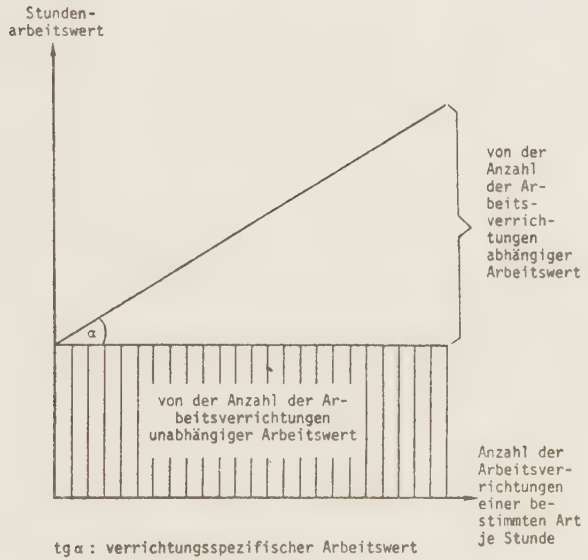
So führt zunächst die Aggregation der Ausprägungen der einzelnen Anforderungen an die menschliche Arbeitskraft zu einer Kennzahl, dem Arbeitswert, dazu, daß die Struktur der Anforderungen nach der Aggregation nicht mehr erkennbar ist und somit wesentliche Informationen über die Anforderungen nicht mehr in die Planung eingehen[80].

---

78) Diese einfache Multiplikation gilt allerdings nur für den Fall, daß zwischen den Anforderungen einerseits und den Arbeitsintensitäten andererseits lineare Beziehungen bestehen. Weiterhin setzt dies voraus, daß einer Arbeitsverrichtung unabhängig von ihrer Dauer eine Schwierigkeits-Maßzahl zugeordnet werden kann; dies wird von STEFFEN (R.: Analyse, S. 199) unterstellt.

79) Die Abbildung ist in modifizierter Form entnommen aus STEFFEN, R.: Analyse, S. 119.
Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Abb. 6.4: Graphische Darstellung der Ermittlung eines Stundenarbeitswertes in Abhängigkeit von der Arbeitsgeschwindigkeit



Insofern erscheint es vor allem bei größeren Unterschieden in den einzelnen Anforderungsarten vorteilhafter, statt eines komprimierten Arbeitswertes ein disaggregiertes Anforderungsprofil zumindest auf der Ebene der Merkmalsgruppen zu erstellen[81].

Zum zweiten erfordert die Planung des Bedarfs an menschlicher Arbeitskraft eine Ermittlung der Zeit, innerhalb

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:

80) So ist etwa nicht mehr erkennbar, ob eine bestimmte Leistung besonders hohe Anforderungen an das Wissen und Können und niedrige an die körperliche Belastbarkeit stellt oder umgekehrt. Streng genommen gilt dies sogar schon für die Ermittlung der von mehreren Einflußgrößen abhängigen Ausprägung einer Anforderungsart, wie dies in der Abb. 6.3 für die Anforderungsart Lärmbelastung zum Ausdruck kommt, weil gleiche Lärmbelastungen durch unterschiedliche Verhältnisse von Dauer und Stärke der Lärmeinwirkungen entstehen können.

81) Vgl. ähnlich auch HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 305.

derer eine Leistung auszuführen ist, denn erst in Abhängigkeit davon kann die Dauer der Einwirkung verschiedener Belastungsarten bestimmt werden.

Schließlich - und dieses Problem hängt mit der Planung der Dauer des Einsatzes menschlicher Arbeitskraft eng zusammen[82] - macht die Planung des Personalbedarfs für eine konkrete Instandhaltungsleistung eine Aussage über die Zahl der an der Leistungserstellung beteiligten Arbeiter notwendig.

Der Bedarf an Instandhaltungspersonal für eine einzelne Instandhaltungsleistung ist somit einerseits in art- und qualitätsmäßiger Sicht vornehmlich auf der Grundlage der Anforderungen und andererseits hinsichtlich der Zahl der einzusetzenden Arbeitskräfte und deren Einsatzdauer zu planen.

c) Planung der Personalbedarfs in art- und qualitätsmäßiger Sicht

Eine wichtige Komponente der Planung des Personalbedarfs ist die richtige Erfassung der art- und qualitätsmäßigen Anforderungen an das Instandhaltungspersonal. Deren Bedeutung hängt vor allem davon ab, inwieweit eine von den tatsächlichen Anforderungen hinsichtlich Art und Qualität an die für die Ausführung von Instandhaltungsleistungen einzusetzenden Arbeitskräfte abweichende Planung des Personalbedarfs wirtschaftlich nachteilige Konsequenzen zur Folge hat.

Unmittelbarer als bei der Bedarfsplanung für eine einzelne Instandhaltungsleistung zeigen sich diese bei der (eher langfristigen) Kapazitätsplanung z. B. darin, daß im Fall der Unterschätzung der Anforderungen an das Personal (und

---

82) Auf den Zusammenhang zwischen der Zahl der Arbeitskräfte und deren Einsatzdauer geht ausführlich ein KUND, J.: Optimierung des Arbeitskräfteeinsatzes, insbes. S. 46-48.

einer entsprechenden Personalbereitstellung) die Qualität der Leistungen abnimmt, die Dauer der Ausführung der Leistungen zunimmt oder man gezwungen sein kann, in grösserem Umfang Leistungen (höher qualifizierter) fremder Betriebe in Anspruch zu nehmen. Diese Auswirkungen können dann einerseits dazu führen, daß die periodenbezogenen Instandhaltungskosten trotz - gegenüber bedarfsgerechter Personalbereitstellung - eventuell niedrigerer Bereitschaftskosten aufgrund geringerer Qualifikation des Personals überhöht sind, wie z. B. wegen der durch eine geringere Qualität der Instandhaltungsarbeiten bedingten Verkürzung der Instandhaltungszyklen und einer dementsprechenden Steigerung der Zahl der Instandhaltungsleistungen mit erhöhtem Bedarf an Produktionsfaktoren (beispielsweise Material) oder aufgrund vermehrter teuerer Fremdinstandhaltung. Andererseits können die Verschleißwirkungen zunehmen, weil etwa die Anlagen wegen größerer Zeitspannen für die Leistungsausführung länger stillstehen oder weil die Instandhaltungsobjekte durch Verschleißbeseitigungsmaßnahmen nicht ihre ursprüngliche Leistungsfähigkeit zurückerhalten und so die Anlagenleistung qualitativ und/oder quantitativ mit entsprechenden Auswirkungen auf den Produktions- und Absatzbereich zurückgeht[83].

Im Fall einer Überschätzung der Anforderungen wirkt sich vor allem nachteilig aus, daß - periodenbezogen - die Bereitschaftskosten der Instandhaltung tendenziell überhöht sind. Zusätzlich kann dies aufgrund der Überqualifikation eine Entmotivierung und damit ein Nachlassen der Leistungsbereitschaft des Personals zur Folge haben.

Diese Überlegungen zeigen, wie wichtig die sorgfältige Ermittlung der Art und Qualität des Bedarfs an Instandhaltungsarbeitskräften ist. Daher sind auch in der Literatur vielfach anzutreffende Forderungen nach grund-

---

83) Vgl. im Ansatz hierzu auch BROCKER, Helmut: Arbeits- und Personalbeurteilung in Instandhaltungsbetrieben, in: Arbeitsvorbereitung, 11. Jg. (1974), Heft 3, S. 71-75, hier S. 71.

sätzlich hoch qualifizierten Spezialisten für die Durchführung von Instandhaltungsarbeiten in dieser generellen Gültigkeit beanspruchenden Formulierung abzulehnen[84].

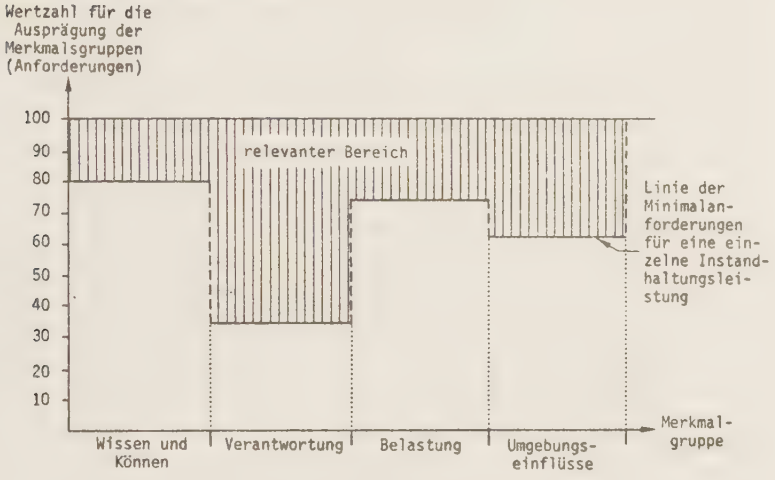
Vielmehr hat man die Anforderungen, die eine einzelne Instandhaltungsleistung an das Personal stellt, im einzelnen zu erfassen. Dabei wird sich allerdings für Zwecke der Planung des Personalbedarfs eine - theoretisch nicht wünschenswerte - Aggregation der vielfältigen unterschiedlichen Anforderungsarten schon aus Gründen der Wirtschaftlichkeit der Informationserfassung und -verarbeitung nicht gänzlich vermeiden lassen. Eine mögliche Aggregationsstufe, die Untergliederung der Anforderungen etwa nach Merkmalsgruppen zeigt die Abb. 6.5[85].

---

84) Vgl. GOEBEL, J. K.: Wesenszüge der Anlagen-Unterhaltung, S. 476; CZICHON, Paul: Vorbeugende Instandhaltung - Basis der Werkserhaltung, in: Betriebstechnik, Jg. 1972, Heft 3, S. 52-54, hier S. 54; GESELL, W.: Maschinenwartung tut not, S. 225o.

85) In der Abb. 6.5 ist als Anforderungsprofil der Kurvenzug eingetragen, der die Anforderungen angibt, die eine Arbeitskraft mindestens erfüllen muß, um die betreffende Leistung planmäßig ausführen zu können, weil sich ein Teil der Anforderungen nur in Grenzen mittels der Wertzahlen richtig erfassen läßt. Vgl. hierzu auch HERZIG (N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 3o5f.), der statt auf eine einzelne Leistung auf einen Arbeitsplatz (als organisatorische Einheit definiert) mit unterschiedlich möglichen räumlichen Arbeitsstellen abstellt und so zu einem Anforderungsfeld kommt, dessen obere Begrenzung die maximalen Anforderungen an die Arbeitskraft wiedergibt, die diesen Arbeitsplatz besetzen soll. Für die Personalbedarfsplanung geht er davon aus, daß nur die maximalen Anforderungen relevant sind. Damit wird allerdings der notwendige Bezug auf eine einzelne Leistung fallengelassen und somit kann man die oben beschriebenen wirtschaftlich nachteiligen Konsequenzen nicht erfassen. Im Instandhaltungsbereich ist ein im eigentlichen Sinne arbeitsplatzbezogenes Anforderungsprofil allerdings für die Arbeiten in den Werkstätten zum Teil - wenn eine Arbeitskraft nur an einer oder wenigen Arbeitsstellen (z. B. einer Drehbank und einer Standbohrmaschine arbeitet) - sinnvoll. Die Notwendigkeit des Abstellens auf eine einzelne Instandhaltungsleistung betonen ausdrücklich auch BROCKER, H.: Arbeits- und Personalbeurteilung in Instandhaltungsbetrieben, S. 71 und PRÜSS, D. u. a.: Der Instandhaltungs- und Reparaturbetrieb, S. 1o76f.

Abb. 6.5: Beispielhafte Darstellung eines instandhaltungsleistungsspezifischen Profils der Anforderungen an das einzusetzende Instandhaltungspersonal



Vielfach reicht eine sich auf eine Leistung global erstreckende Ermittlung der Anforderungen an die einzusetzenden Arbeitskräfte noch nicht aus, sondern man muß auf einzelne Elemente eines Instandhaltungsauftrages abstellen. Dies bietet sich allerdings auch schon deshalb an, weil konkrete Instandhaltungsleistungen im Gegensatz zu einzelnen Teilleistungen nur relativ selten in gleicher Form auszuführen sind[86] und demgegenüber eine auf einzelne Auftragselemente bezogene Anforderungsermittlung mehrfach verwendet werden kann. Durch eine solche Aufschlüsselung läßt sich außerdem erst deutlich machen, ob und in welchem Umfang aufgrund der Anforderungen unterschiedlich qualifizierte Handwerker eingesetzt werden müssen oder können; im letzteren Fall muß die Planung der Abfolge der Durchführung der einzelnen Auftragselemente Aufschluß darüber geben, ob die Arbeiten gleichzeitig oder nur zeitlich versetzt erfolgen bzw. ob mehrere Handwerker gleichzeitig ein Auftragselement bearbeiten können. Dies erlangt wiederum deswe-

86) Vgl. so z. B. KUND, J.: Optimierung des Arbeitskräfteeinsatzes, S. 25.

gen Bedeutung, weil über die Anzahl der Handwerker, die gleichzeitig an einem Auftragselement arbeiten können, die Dauer der Arbeiten und damit auch die Dauer von Belastungen (etwa aufgrund von Umgebungseinflüssen) mitbestimmt wird, die wiederum die Höhe der Anforderungen prägen (können).

Für die Planung des Personalbedarfs in art- und qualitätsmäßiger Sicht ist das Herausarbeiten der Bestimmungsfaktoren für Art und Höhe der Anforderungen die wesentliche Voraussetzung. Die die Anforderungen festlegenden Einflußgrößen lassen sich insbesondere in drei Hauptgruppen untergliedern. Dies sind erstens die spezifischen Merkmale der Instandhaltungs(teil-)leistungen, zweitens die an der Ausführung der Leistungen beteiligten weiteren Produktionsfaktoren und drittens die besonderen Einflüsse, die der Prozeß der Leistungsdurchführung auf die Anforderungen ausübt[87]. Diese Differenzierung kann allerdings nur dazu dienen, die wichtigsten Einflußfaktoren aufzuzeigen. Im Rahmen der Planung des Personalbedarfs sind enge Beziehungen bzw. Wechselwirkungen zwischen ihnen zu beachten[88].

Im einzelnen hat man als leistungsbezogene Bestimmungsfaktoren für Art und Ausmaß der Anforderungen an die Arbeitskräfte vor allem die geplante Art der Instandhaltungsleistungen und deren zu fordernde Qualität, die Art und den Zeitpunkt der Ausführung der betreffenden Lei-

---

87) Darüber hinaus können auch noch andere Bestimmungsgrößen, wie z. B. die Höhe der Verschleißwirkungen, die aus einer von der geplanten abweichenden Leistungsausführung resultieren können, eine Rolle spielen. So wird man etwa den korrosionsschützenden Anstrich einer Verkleidung weniger qualifizierten Handwerkern eher überlassen können als die Reparatur eines Elementes eines elektronischen Steuerungsaggregates.

88) So wird man möglicherweise einen für die Durchführung einer schwierigen Aufgabe aufgrund seiner Berufsausbildung hochqualifizierten Handwerker dennoch nicht auswählen, weil er vergleichsweise hohe Anforderungen an das Verantwortungsbewußtsein (z. B. wegen der Verwendung gefährlicher Stoffe) nicht erfüllt.

stung sowie deren geplante Dauer zu berücksichtigen. So werden von der Art und Qualität der Leistung in der Regel die zu fordernde Art und Qualifikation der Berufsausbildung abhängen[89]. Der Ort der Leistungsausführung bestimmt weitgehend die Umgebungseinflüsse. Hinzu kommen häufig an Orten mit wenig Bewegungsraum für die Durchführung der Arbeiten besondere Anforderungen an die körperliche Gewandtheit und Geschicklichkeit der Instandhaltungshandwerker. Da vielfach an gefährlichen Orten Schutzanzüge zu tragen sind, ist auch dieser Umstand bei der Ermittlung der Anforderungen zu beachten. Besondere Anforderungen an die Fähigkeit, unter Zeitdruck sorgfältig zu arbeiten, resultieren etwa aus der Verlegung von Instandhaltungsarbeiten in Arbeitspausen der Produktion. Schließlich wird oft die Fähigkeit verlangt, nachts oder zu ungünstigen Tageszeiten Aufgaben mit grosser Konzentrationserfordernis durchzuführen. Auch sogenannte Routinearbeiten (wie z. B. Reinigungsarbeiten) stellen oftmals vergleichsweise hohe Anforderungen vor allem an die Zuverlässigkeit und das Verantwortungsbewußtsein der betreffenden Arbeitskräfte[9o].

Die vom Prozeß der Arbeitsdurchführung und die von den anderen beteiligten Produktionsfaktoren ausgehenden Einflüsse auf die Anforderungen an das Instandhaltungspersonal sind zum Teil sehr eng miteinander verbunden[91].

---

89) Die allerdings nicht allein wichtige Differenzierung in Berufsgruppen findet sich in der Literatur zum Teil als ausschließliche Kennzeichnung der Art des Personalbedarfs; vgl. so z. B. ORDELHEIDE, D.: Instandhaltungsplanung, S. 51-54; MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 1o5; GROTHUS, H.: Arbeitsvorbereitung von Reparaturen, S. 6/2 und 7/2. Tendenziell ist diesbezüglich demnach wohl davon auszugehen, daß der Anteil der Facharbeiter vergleichsweise hoch ist und bleiben wird, weil diese Bedarfsstruktur aufgrund der geringen Mechanisierung und Automatisierung im Instandhaltungsbereich relativ stabil ist - vgl. hierzu insbesondere die Ergebnisse einer empirischen Untersuchung von ASENDORF-KRINGS, Inge: Facharbeiter und Rationalisierung - Das Beispiel der großbetrieblichen Instandhaltung, München 1979, vor allem S. 66-82.

9o) Vgl. so auch KÖHLINGER, H.: Die vorbeugende Instandhaltung, S. 5.

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

So werden etwa die Anforderungen an die Berufsausbildung und -erfahrung für eine Schweißarbeit wesentlich von dem betreffenden Schweißverfahren bestimmt, das wiederum von der stofflich-technischen Beschaffenheit der miteinander zu verbindenden Elemente festgelegt wird.

Für die Ermittlung der Art und Höhe der Anforderungen, deren Bestimmungsfaktoren hier nur beispielhaft aufgezeigt werden konnten, lassen sich jeweils die bereits behandelten analytischen Arbeitsbewertungsverfahren einsetzen. Da sich ein Teil der einzelnen für eine Instandhaltungsleistung baukastenförmig herausgetrennten Arbeiten häufig wiederholt, können die Anforderungen für diese einzelnen Teilleistungen katalogisiert und so neu hinzukommende (Teil-)Leistungen vielfach vergleichsweise wenig aufwendig entsprechend eingeordnet werden[92].

d) Planung der Anzahl und Einsatzdauer der Arbeitskräfte

Wie bereits im letzten Abschnitt gezeigt, erfordert die Ermittlung eines instandhaltungsleistungsbezogenen Anforderungsprofils an die Arbeitskräfte der Instandhaltung auch eine Angabe der Zeit, während derer die Handwerker bestimmten Belastungen ausgesetzt sind. Darüber hinaus ist die Planung der Dauer der Inanspruchnahme des Instandhaltungspersonals für eine Reihe anderer Aufgaben von Bedeutung. So bildet sie eine wesentliche Grundlage für eine bedarfsgerechte Planung der Instandhaltungskosten. Verfehlt wäre es allerdings, die geplante bzw. effektive Einsatzdauer des Instandhaltungspersonals für die Planung bzw. Kontrolle der Arbeitskosten einer einzelnen Instandhaltungsleistung heranzuziehen, wie dies

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:

91) Dies ergibt sich schon daraus, daß eine wesentliche Erscheinungsform der Verfahrenswahl die Wahl zwischen unterschiedlichen Produktionsfaktoren ist.

92) Vgl. hierzu ausführlicher BROCKER, H.: Arbeits- und Personalbeurteilung in Instandhaltungsbetrieben.

in der Literatur vorgeschlagen wird[93]. Vielmehr zählen die Personalkosten in der Regel zu den Bereitschaftskosten der Instandhaltung, die unabhängig von Anzahl und Dauer der ausgeführten Leistungen in der (tarif-)vertraglich festgelegten Höhe für einen bestimmten Zeitraum anfallen. Nur in Ausnahmefällen können (Teile der) Personalkosten einer Leistung unmittelbar zuzurechnen und dann auch von deren Dauer abhängig sein[94]. Relevanz besitzen Anzahl und Einsatzdauer der in Anspruch zu nehmenden Arbeitskräfte demgegenüber für die periodenbezogene Planung der Instandhaltungskosten. Unmittelbar läßt sich die geplante Dauer der Inanspruchnahme weiterhin als Vorgabe im Sinne eines Zeitzieles für die Handwerker als psychologischer Anreiz verwenden[95]. Mittelbar kann sie die Grundlage für die Gestaltung von Leistungslohnsystemen bilden[96]. Schließlich läßt sich die Zeitplanung

---

93) Vgl. so bspw. ERDMANN, W.: Zeitvorgabe bei Instandhaltungsarbeiten, S. 75; GROTHUS, H.: Planzeiten für Instandhaltungsarbeiten, S. 297; HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 336f.

94) Dies gilt etwa für solche Leistungen, die in Überstunden ausgeführt werden oder dann, wenn für (in der Regel dann vergleichsweise umfangreiche) Projekte eigens Handwerker eingestellt werden, die anschließend wieder entlassen werden. Vgl. hierzu auch den Abschnitt B des 1. Kapitels dieser Arbeit. Schließlich ist die Ermittlung der für eine Leistung benötigten Zeit dann erforderlich, wenn etwa im Rahmen der Wahl zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung die "spezifischen" Mehrkosten der Fremdinstandhaltung festzustellen sind; vgl. hierzu den Abschnitt A I. 3. b) des fünften Kapitels dieser Arbeit.

95) EGAN, David M.: Leistungsmaßstäbe für die Instandhaltung und wie man ihre Einhaltung überwachen kann, in: Arbeitsstudium und Instandhaltung, hrsg. vom KURT-HEGNER-INSTITUT FÜR ARBEITSWISSENSCHAFT des VERBANDES FÜR ARBEITSSTUDIEN-REFA e. V., Berlin-Köln-Frankfurt a.M. 1963, S. 143-155, hier S. 149; GROTHUS, H.: Arbeitsvorbereitung von Reparaturen, S. 8/4.

96) Dies wird vor allem betont von RICE, Robert S.: Richtwerte als Leistungsmaßstab, in: Arbeitsstudium und Instandhaltung, hrsg. vom KURT-HEGNER-INSTITUT FÜR ARBEITSWISSENSCHAFT des VERBANDES FÜR ARBEITSSTUDIEN-REFA e. V., Berlin-Köln-Frankfurt a.M. 1963, S. 55-63, hier vor allem S. 55-57; COOLING, W. C.: Leistungslohn für Instandhaltungsarbeiten ist praktisch, in: Arbeitsstudium und Instandhaltung, hrsg. vom KURT-HEGNER-INSTITUT FÜR ARBEITSWISSENSCHAFT des VERBANDES FÜR ARBEITSSTUDIUM-REFA e. V., Berlin-Köln-Frankfurt a.M. 1963, S. 77-88, hier insbes. S. 77f.; STEINHAUSER,

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

als Basis für die Vermeidung arbeitsablaufbedingter Wartezeiten der Arbeitskräfte, zur Koordinierung der Tätigkeiten verschiedener Handwerker, zur Ermittlung des Anfangs- und Endtermins (der Durchlaufzeit) eines Auftrages und zur Ermittlung instandhaltungsbedingter Stillstandszeiten von Anlagen einsetzen[97]. Auch diese Zwecke sind als eher mittelbare einzustufen, weil sie zwar die Zeitplanung voraussetzen, diese aber zu ihrer Lösung allein noch nicht ausreicht; sie erfordern nämlich zusätzlich eine auf die einzelne Leistung bezogene Ablaufplanung. Letztere kann zudem umgekehrt der Planung der Einsatzdauer Grenzen vorgeben, so daß zumeist wechselseitige Beziehungen zu beachten sind.

Die Dauer der Inanspruchnahme der Instandhaltungshandwerker für die Ausführung einer einzelnen Instandhaltungsleistung kann grundsätzlich mittels unterschiedlicher Methoden geplant werden. Da diese Verfahren im einzelnen in der Literatur bereits ausführlich beschrieben sind[98],

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
H. - SCHULTZ, K.: Kalkulation und Leistungsentlohnung in der Werkserhaltung, S. 97-1o3; MÖLLER, G.: Vorschlag zur Prämienentlohnung in der Instandhaltung, in: ZwF, 2o. Jg. (1975), Heft 8, S. 462-463.

97) Vgl. GROTHUS, H.: Planzeiten für Instandhaltungsarbeiten, S. 297; DERS.: Arbeitsvorbereitung von Reparaturen, S. 8/3; ERDMANN, W.: Zeitvorgabe bei Instandhaltungsarbeiten, S. 75. Bei der Ermittlung instandhaltungsbedingter Stillstandszeiten ist allerdings darauf zu achten, daß Instandhaltungsarbeiten zum Teil schon vor dem Stillsetzen beginnen und erst nach dem Wiederanlauf beendet sein können.

98) Vgl. hierzu insbesondere ERDMANN, Wolfgang: Möglichkeiten und Grenzen der Zeitvorgabe, S. 3o9-318; DERS.: Zeitvorgabe bei Instandhaltungsarbeiten, S. 12-21; GROTHUS, H.: Planzeiten für Instandhaltearbeiten, Dorsten 1967; TAGMANN, Hans Rudolf: Kapazitätssteigerung im Unterhalt mit Hilfe von Zeitrichtwerten, in: Industrielle Organisation, 4o. Jg. (1971), Heft 5, S. 225-228; HERITAGE, John O.: Bessere Instandhaltung bei geringeren Kosten mit Zeitrichtwerten, in: Arbeitsstudium und Instandhaltung, hrsg. vom KURT-HEGNER-INSTITUT FÜR ARBEITSWISSENSCHAFT des VERBANDES FÜR ARBEITSSTUDIEN-REFA e. V., Berlin-Köln-Frankfurt a.M. 1963, S. 95-1o8; VLAHOS, C. J.: Zeitrichtwerte - nach MTM zusammengestellt, Rationalisierung der Anwendung von MTM (MSD), in: Arbeitsstudium und Instandhaltung, hrsg. vom KURT-HEGNER-INSTITUT FÜR ARBEITSWISSENSCHAFT

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

soll in dieser Arbeit auf eine detaillierte Erläuterung des Inhalts, sowie der Vor- und Nachteile der verschiedenen Varianten verzichtet und nur das durch Kombination mehrerer Verfahren entstandene und in der Literatur und Praxis relativ weit verbreitete [99] U(niversal)M(aintenance)S(tandards)-System in seinen Grundzügen kurz dargestellt werden. Bei dieser Methode wird die für eine Instandhaltungsleistung benötigte Zeit durch Aggregation der Zeiten für einzelne Elemente dieser Leistung ermittelt. Die Elemente bestehen dabei in der untersten Stufe überwiegend aus den Grundbewegungen des M(ethods) T(ime)M(easurement)-Verfahrens (z. B. Hinlangen, Loslassen, Bringen usw.), deren Dauer durch arbeitsanalytische Zeitstudien erfaßt wird. Die Zeit für ein Element der nächsthöheren Stufe ergibt sich dann aus der Aggregation der in dieser Stufe benötigten Grundelemente und deren Zeitbedarf. Das Verfahren setzt sich über die entsprechende Zeitermittlung für einzelne Arbeitsteilvorgänge und Arbeitsgänge bis zur Gesamtzeit eines Auftrages, die dann noch um Verteilzeitzuschläge ergänzt wird, fort, wie dies in Abb. 6.6 schematisch dargestellt ist [1oo]. Dieses Verfahren läßt sich auch so anwenden, daß die Zeiten für eine Reihe unterschiedlicher Arbeitsvorgänge ermittelt und anschließend gespeichert werden. Die Zeit für eine (beliebige) Instandhaltungsleistung läßt sich dann nach Zerlegung in einzelne Arbeitsgänge (oder Gruppen von Arbeitsgängen) durch entsprechende Zuordnung

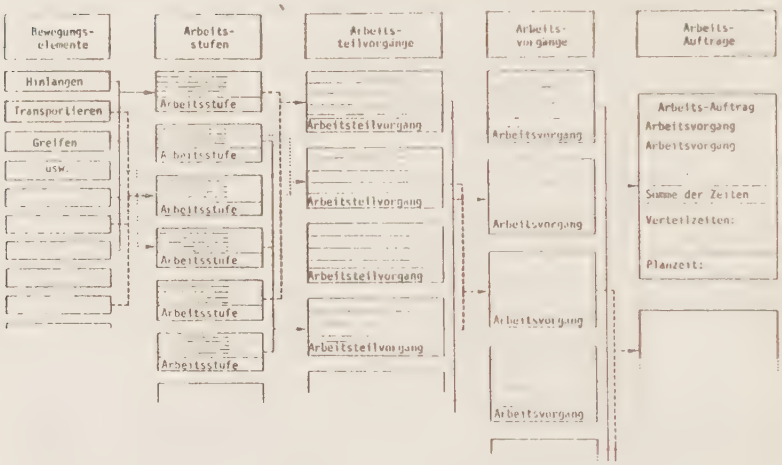
---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
des VERBANDES FÜR ARBEITSSTUDIEN-REFA e. V., Berlin-Köln-Frankfurt a.M. 1963, S. 157-166; MAYNARD, Harold B. - STEGEMERTEN, G. J.: Universelle Instandhaltungsrichtwerte, in: Arbeitsstudium und Instandhaltung, hrsg. vom KURT-HEGNER-INSTITUT FÜR ARBEITSWISSENSCHAFT des VERBANDES FÜR ARBEITSSTUDIEN-REFA e. V., Berlin-Köln-Frankfurt a. M. 1963, S. 167-186; KORNFELD, Leo L.: Lohnkosten für Instandsetzung und Wartung senken, in: Arbeitsstudium und Instandhaltung, hrsg. vom KURT-HEGNER-INSTITUT FÜR ARBEITSWISSENSCHAFT des VERBANDES FÜR ARBEITSSTUDIEN-REFA e. V., Berlin-Köln-Frankfurt a.M. 1963, S. 187-2o1.

99) Vgl. hierzu auch HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 334 und die dort angegebene Literatur.

1oo) Vgl. ähnlich ERDMANN, W.: Möglichkeiten und Grenzen der Zeitvorgabe, S. 312.

Abb. 6.6: Schematische Darstellung der Ermittlung von Instandhaltungsplanzeiten



und anschließende Aggregation der Einzelzeiten ermitteln. Der spezifische Vorteil dieser Methode besteht gegenüber anderen, auf eine Instandhaltungsleistung insgesamt abstellenden, somit vor allem darin, daß nicht jeweils eine vollständig neue Zeitkalkulation für eine Vielzahl unterschiedlicher Instandhaltungsleistungen erfolgen muß, sondern hierzu auf die bereits ermittelten Daten für häufig wiederkehrende Elemente von Instandhaltungsleistungen zurückgegriffen werden kann, die dann baukastenförmig zu aggregieren sind.

Allerdings weisen das UMS-System und ähnliche Verfahren auch nicht unerhebliche Mängel im Hinblick auf die Ermittlung der "richtigen" Zeit für Instandhaltungsleistungen auf. Diese ergeben sich vor allem daraus, daß die (im weitesten Sinne) besonderen Bedingungen bzw. Einflußgrößen für die Ausführung eines Elementes (z. B. eines Arbeitsganges) nicht (genügend) berücksichtigt werden. Dies betrifft in erster Linie die Zeiten für die Ausführung selbst, aber etwa auch die Zeiten für Wege. Bezüglich letzterem wäre etwa danach zu differenzieren, ob die Handwerker zu der betroffenden Anlage bzw. in die

Werkstatt gehen oder aber ein Transportmittel benutzen[1o1)]. Wichtiger, aber auch schwieriger bei der Zeitkalkulation zu berücksichtigen sind demgegenüber die Ausführung der Leistungen selbst betreffende Merkmale. So ist die Dauer für die Leistungsausführung abhängig von dem jeweils effektiv anzuwendenden Instandhaltungsverfahren, das von dem geplanten teilweise (oder sogar völlig) abweichen kann, weil etwa der Zustand des Instandhaltungsobjektes aufgrund zufälliger Schwankungen des Verschleißverlaufs Verfahrensänderungen notwendig macht (z. B. Festsitz von Teilen wegen besonders weit fortgeschrittener Korrosion[1o2)]. Weiterhin wird die Dauer von den speziellen Umgebungseinflüssen und damit vom Ort der Instandhaltung beeinflußt. Auch der Zeitpunkt der Arbeiten kann Änderungen gegenüber der kalkulierten Zeit hervorrufen; so wird etwa wegen der in der Regel geringeren Konzentrationsfähigkeit zu bestimmten Tageszeiten (insbesondere auch während der Nachtstunden) eine Zunahme der Dauer zu erwarten sein. Weiterhin wird die Zeit für die Ausführung bestimmter Arbeitsgänge von der mit der Art und Höhe der Entlohnung variierenden Arbeitsgeschwindigkeit beeinflußt. Auch die Art der vorhandenen Ersatzteile kann auf die Dauer Einfluß nehmen, wie dies am Beispiel der für eine austauschende Verschleißbeseitigung verwendeten Rohlinge (die noch einer entsprechenden Bearbeitung bedürfen) oder bereits fertig montierter Teilegruppen[1o3)] deutlich wird. Ebenso berücksichtigt das UMS-Sy-

---

1o1) So werden die Wegzeiten wohl erheblich verkürzt, wenn man eine von WYDER (Carl: Was ich unter geplanter Instandhaltung verstehe, in: Arbeitsstudium und Instandhaltung, hrsg. vom KURT-HEGNER-INSTITUT FÜR ARBEITSWISSENSCHAFT des VERBANDES FÜR ARBEITSSTUDIEN-REFA e. V., Berlin-Köln-Frankfurt a.M. 1963, S. 11-2o, hier S. 19) beispielhaft angeführte Vorgehensweise aus einem Unternehmen wählt: "Um die Zeit für die Wege zwischen den einzelnen Abteilungen zu sparen, haben wir die Handwerkergruppen mit eigenen Fahrzeugen ausgestattet, die im allgemeinen eine Tragfähigkeit von 1/2 Tonne haben, sowie mit gut ausgerüsteten Werkzeuganhängern und elektrischen Schweißgeräten."

1o2) Vgl. so auch MAYNARD, H. B. - STEGEMERTEN, G. J.: Universelle Instandhaltungsrichtwerte, S. 17o.

1o3) Vgl. zu den Begriffen BÖKELMANN, Manfred: Die Reserveteile im anlageintensiven Industriebetrieb, Freiburg (Schweiz) 1955, S. 15f.

stem keine übungsbedingten Verringerungen der Dauer von Arbeiten. Schließlich ist zu beachten, daß sich die Verfahren - z. B. aufgrund modernisierter Betriebsmittel der Instandhaltung - im Zeitablauf und somit auch die zu kalkulierenden Zeiten ändern können. Der in der Literatur vertretenen Ansicht, daß die Planbarkeit der Einsatzdauer der Handwerker auf bestimmte Arten von Instandhaltungsleistungen - Verschleißbeobachtungs- und Verschleißhemmungsmaßnahmen - begrenzt sei[1o4], kann jedoch angesichts zahlreicher Gegenbeispiele[1o5] in der Literatur wohl nicht aufrechterhalten werden.

Als Hilfslösung zur Berücksichtigung dieser unterschiedlichen Einflußgrößen der Dauer von Instandhaltungsarbeiten wird daher für die Anwendung des UMS-Systems vorgeschlagen, für die einzelnen Elemente (oder Gruppen von Elementen) einer Instandhaltungsleistung Zeitspannen vorzugeben, für diese Zeitgruppen Richtbeispiele zu bilden und dann für einen neu zu kalkulierenden Instandhaltungsauftrag die sich aus der Aggregation der Mittelwerte der für die einzelnen Arbeitsgänge zutreffenden Zeitgruppen ergebende Dauer als Planzeit (zuzüglich der Verteilzeiten) festzulegen[1o6].

Demgegenüber wird hier eine andere Vorgehensweise vorgeschlagen. Da die von den Instandhaltungsleistungen ausgehenden Anforderungen an das Instandhaltungspersonal bereits gespeichert werden, bietet es sich an, auch die entsprechenden Planzeiten unter Berücksichtigung dieser Anforderungen und Belastungen zu ermitteln und zu speichern, um so eine genauere Grundlage für die Planung des Personalbedarfs zu gewinnen[1o7].

1o4) Vgl. HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 336.
1o5) Vgl. die in Fußnote 98 auf S. 426 aufgeführten Literaturhinweise.
1o6) Vgl. MAYNARD, H. B. - STEGEMERTEN, G. J.: Universelle Instandhaltungsrichtwerte, S. 171-18o.
1o7) Vgl. hierzu auch ERDMANN, W.: Zeitvorgabe bei Instandhaltungsarbeiten, S. 77-79, der in "Zeitwertkatalogen" die für die Ausführung von Instandhaltungsleistungen besondere Umstände mit aufnimmt.

Für die Planung der Einsatzdauer der in Anspruch zu nehmenden Handwerker ist außer den beschriebenen Einflußgrößen vor allem auch deren Zahl maßgeblich und - im Fall bereits vorgegebener Zeiten[108] - umgekehrt. Abgesehen von der bereits im Anschluß an die Ermittlung der von den einzelnen (Teil-)Leistungen ausgehenden Anforderungen an das Instandhaltungspersonal zu wählenden Anzahl von (unterschiedlich qualifizierten) Handwerkern, wird die Zahl der gleichzeitig für einen Arbeitsgang einzusetzenden Arbeitskräfte auch von den daraus resultierenden Auswirkung auf die benötigte Zeit mitbestimmt. So lassen sich eine Reihe von Arbeiten (Arbeitsgängen) durch den gleichzeitigen Einsatz mehrerer Handwerker oft beschleunigen, wobei allerdings nicht davon ausgegangen werden kann, daß zwischen der Anzahl der Arbeitskräfte und der Dauer eines Arbeitsganges eine lineare Beziehung besteht[109]. Folglich ist auch die Anzahl der gleichzeitig einzusetzenden Handwerker bei der Zeitkalkulation maßgeblich zu berücksichtigen.

2. Planung des Betriebsmittelbedarfs

Ähnlich wie bei der Planung des Bedarfs des Potentialfaktors Personal ist die Bedarfsermittlung für Betriebsmittel der Instandhaltung bei Abstellen auf eine einzelne Instandhaltungsleistung vornehmlich auf die Auswahl der vorhandenen Betriebsmittel in art- und qualitätsmäßiger Sicht sowie die Planung des Bedarfsumfangs an diesen Produktionsfaktoren gerichtet, deren Bedeutung für die Instandhaltung nicht unterschätzt werden sollte[110]. [111]

---

108) Diese können etwa aus der Festlegung der Instandhaltungspolitik resultieren, wenn man eine optionale, d. h. eine ohnehin erforderliche Stillstände von Anlagen ausnutzende Politik verfolgt.

109) In dieser Arbeit kann auf eine detailliertere Analyse verzichtet werden. Vgl. hierzu ausführlicher KUND, J.: Optimierung des Arbeitskräfteeinsatzes in der Instandhaltung, insbes. S. 46-48.

110) So gibt RIETDORF (B.: Planmäßige Anlagenerhaltung, S. 35) einen (allerdings vergleichsweise wenig aussagefähigen) Anteil der Zahl der Instandhaltungs-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Ebenso wie bei der Personalbedarfsplanung sind auch hier die Eigenschaften der Betriebsmittel den an sie zu stellenden Anforderungen gegenüberzustellen, um die Eignung der Betriebmittel der Instandhaltung für die Ausführung bestimmter, für eine Instandhaltungsleistung benötigter Verrichtungen feststellen zu können.

Als Eigenschaften von Anlagen sind insbesondere deren quantitative und qualitative Kapazität, ihre Input-Output-Relation, ihre Tiefenkapazität sowie ihre Elastizität und ihr dynamisches Leistungsverhalten von Bedeutung auf die hier hinsichtlich der Erläuterung und Problematik nicht im einzelnen eingegangen werden muß[112].

Die Anforderungen an die für den jeweiligen Einsatz benötigten Eigenschaften der Instandhaltungsbetriebsmittel leiten sich aus der Art, dem Qualitätsanspruch und dem Ort der auszuführenden Verrichtung(en)[113], dem betreffenden Instandhaltungsobjekt und seinen Merkmalen (Art, Größe, Gewicht, Volumen, stofflich-technische Beschaffenheit u. ä.) sowie den anderen zur Leistungserstellung einzusetzenden Produktionsfaktoren ab.

Die Ermittlung der Eignung der Betriebmittel als dem Vergleich der an sie gestellten Anforderungen mit ihren

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
anlagen an der Zahl der Produktionsanlagen von bis zu 7 Prozent an, so daß z. B. bei einer Zahl von etwa 5ooo Produktionsanlagen bis zu ca. 35o Instandhaltungsanlagen notwendig sind. Die zunehmende Bedeutung der Betriebsmittel der Instandhaltung betont etwa GOEBEL, J. K.: Wesenszüge der Anlagen-Unterhaltung, S. 478.

111) Diese Aufgabe erstreckt sich zusätzlich etwa auch auf die Planung der kurzfristigen Bereitstellung (Miete) im Unternehmen nicht vorhandener Spezialanlagen für eine einzelne (oder mehrere) Instandhaltungsleistung(en).

112) Vgl. so MÄNNEL, Wolfgang: Produktionsanlagen, Eignung von, Sp. 1471-1481; GUTENBERG, E.: Die Produktion, S. 7o-85; STEFFEN, R.: Analyse industrieller Elementarfaktoren, S. 41-68.

113) Vgl. hierzu auch GOEBEL, J. K.: Wesenszüge der Anlagen-Unterhaltung, S. 478; O. V.: Das Ersatzteillager, in: Krafthand, 46. Jg. (1963), Heft 5, S. 175-181, Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Eigenschaften bereitet neben der Problematik der Quantifizierung dieser beiden Komponenten - und damit der Feststellung der "technischen" Eignung - vor allem deshalb Schwierigkeiten, weil vielfach außer der technischen auch die ökonomische Eignung zu untersuchen ist. So hat man etwa abzuwägen, ob für die Inspektion eines Instandhaltungsobjektes ein vergleichsweise grobes - relativ große Meßbereichstoleranzen aufweisendes - Meßgerät, das allerdings einfach und schnell zu der betreffenden Anlage transportiert (z. B. getragen) werden kann und bei dessen Einsatz kein (oder ein kürzerer) Anlagenstillstand erforderlich ist, einem qualitativ hochwertigen in der Werkstatt installierten Instrument, zu dessen Einsatz das Instandhaltungsobjekt ausgebaut und die Anlage (Entsprechend länger) stillgesetzt werden muß, vorzuziehen ist oder nicht. Es sind somit die wirtschaftlichen Vorteile einer exakteren Feststellung des Zustandes des Instandhaltungsobjektes und einer daraus abzuleitenden präziseren Prognose des nächsten (möglicherweise weiter hinausschiebbaren) Instandhaltungszeitpunktes mit den ökonomischen Nachteilen des (längeren) Anlagenstillstandes zu vergleichen[114].

Bezüglich der Planung des Bedarfsumfangs stellt sich - wiederum ähnlich wie bei der Personalbedarfsplanung - das Problem, eine Maßgröße für den Einsatz, den "Verbrauch" der Betriebsmittel zu bestimmen. Grundsätzlich werden dazu in der Literatur[115] die Einsatzzeit des

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
Heft 6, S. 22o-223 und S. 228-231, hier insbes. S. 228-231.

114) Insofern spielt auch der Zeitpunkt des Bedarfs eine nicht unwesentliche Rolle, weil das qualitativ bessere Instrument möglicherweise in einer (längeren) Pause - z. B. am Wochenende - eingesetzt werden kann, so daß anstelle der ansonsten durch den Stillstand auftretenden wirtschaftlichen Nachteile (geringere) Kosten für Überstunden in Kauf zu nehmen sind.

115) Vgl. hierzu insbes. STEFFEN, R.: Analyse industrieller Elementarfaktoren, S. 68-77 und die dort vorgenommene Literaturanalyse sowie zur Messung des Verbrauchs von Betriebsmitteln auf der Basis von In-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

Betriebsmittels, die Anzahl seiner (Werk-)Verrichtungen, die Zahl der Betriebsmittel, deren gebrauchsbedingter Verschleiß und der Instandhaltungsbedarf der Betriebsmittel vorgeschlagen. Folgt man letzterer Auffassung, kann auf weitere Ausführungen zur Ermittlung des Bedarfsumfangs hier verzichtet werden, da sie in prinzipiell gleicher Weise wie für Fertigungsanlagen erfolgen muß, deren Instandhaltungsbedarf und dessen Planung Gegenstand dieser Arbeit sind. Allerdings läßt sich der Bedarf dann nicht auf eine einzelne Instandhaltungsleistung bezogen ermitteln[116].

III. Planung des Bedarfs an Repetierfaktoren

Die Ermittlung des Instandhaltungsmaterialbedarfs[117] für eine einzelne Instandhaltungsleistung ist aus mehreren Gründen eine wichtige Aufgabe im Rahmen der Instandhal-

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
standhaltungsstrategien STEFFEN, R.: Anlagenkosten.

116) Daher und aufgrund der vergleichsweise aufwendigen Ermittlung bietet es sich für Zwecke der praxisbezogenen Bedarfsplanung allerdings an, die erforderliche Einsatzzeit als Maßgröße zu verwenden. Auf die Planung des artmäßigen Bedarfs - insbesondere zur Ermittlung des Bereitstellungsbedarfs - wird ebenfalls nicht näher eingegangen; vgl. dazu im einzelnen für Anlagen allgemein DAHLEMS, R.: Grundfragen der Anlagenbereitstellungsplanung, S. 28-85.

117) An dieser Stelle kann darauf verzichtet werden, nochmals auf einzelne Arten von Repetierfaktoren der Instandhaltung näher einzugehen. Vgl. hierzu den Abschnitt A dieses Kapitels. Zur Abgrenzung des Begriffs Instandhaltungsmaterial bzw. einzelner Arten von Instandhaltungsmaterialien vgl. außerdem RENKES, Dieter: Reserveteilwirtschaft, in: Stahl und Eisen, 94. Jg. (1974), Nr. 3, S. 87-93, insbes. S. 87f.; HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 318-321; GROTHUS, Horst: Instandhaltungs-Läger optimal bewirtschaften und organisieren, Dorsten 1976, S. 11 und S. 15-17; REDEKER, G.: Bestimmung des optimalen Lagerbestandes an Instandhaltungsmaterial und Ersatzteilen, S. 1of. und S. 54f.; GEBHARDT, Dieter: Planung des Instandhaltungsmaterials, in: Instandhaltung chemischer und artverwandter Industrieanlagen, S. 239-259; hier S. 258; MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 1o3f.; WOHNIN, Josef: Morphologie des Ersatzteilbedarfs, in: Industrielle Or-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

tungsplanung. So läßt sich ein effizienter Einsatz des Instandhaltungsmaterials nur durch eine sorgfältige Analyse des Bedarfs erreichen, deren Notwendigkeit zusätzlich noch durch die Bedeutung dieses Produktionsfaktors[118] unterstrichen wird. Eine detaillierte Erfassung des Bedarfs ist zudem wesentliche Voraussetzung für das Erkennen von gegebenenfalls erforderlichen Verbesserungen[119] einzelner Eigenschaften von Instandhaltungsmaterialien, aber auch von Ansatzpunkten zum Abbau etwa hinsichtlich der Qualität der Materialien überhöhter Merkmalsausprägungen. Dies wiederum eröffnet die Möglichkeit[120], das

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
ganisation, 43. Jg. (1974), Nr. 4, S. 199-202, insbes. S. 199f.; BÖKELMANN, M.: Reserveteile, S. 13-21; KALTHENEGENER, Bernd: Die betriebswirtschaftliche Problematik der industriellen Ersatzteilwirtschaft, Diss. München 1958, S. 14-18; GÜRMANN, Klaus - SCHREIBER, Karl: Die Ersatzteilvorratsplanung und ihre Beziehungen zur Bedarfsplanung und Produktionsdisposition, in: Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Ökonomie, 11. Jg. (1966), Heft 3, S. 331-343, hier S. 331f.; RIEMSCHNEIDER, Gerhard: Das Ersatzteilwesen als betriebswirtschaftliche Aufgabe, in: ZfhF, 15. Jg. (1963), S. 109-120.

118) So geht etwa GROTHUS (H.: Instandhaltungs-Läger, S. 11) davon aus, daß die Instandhaltungsmaterialkosten ca. 30 bis 50 Prozent der gesamten Instandhaltungskosten ausmachen; RENKES (D.: Reserveteilwirtschaft, S. 87) beziffert diesen Anteil auf etwa 35 Prozent. REDEKER (G.: Bestimmung des optimalen Lagerbestandes an Instandhaltungsmaterial und Ersatzteilen, S. 8) gibt für den Wert des Lagerbestandes an Instandhaltungsmaterial einen Prozentsatz von bis zu 10 Prozent des Anlagevermögens an. BRAHY (Pierre: Die Bewirtschaftung von Ersatzteilen für unvorhergesehenen Verbrauch, in: Stahl und Eisen, 92. Jg. (1972), Nr. 1, S. 24-33, hier S. 24) gibt in einer empirischen Untersuchung den Wert des auf Vorrat gehaltenen Materials auf mehrere zehn Millionen Franc an, wobei sich die Zahl der vorrätig gehaltenen Materialien auf mehrere Zehntausend beläuft. GOEBEL (J. K.: Wesenszüge der Anlagen-Unterhaltung, S. 476) stellt fest, daß die Zahl der verschiedenen Teile in größeren Betrieben etwa zwischen 25.000 und 30.000 liegt.

119) Vgl. hierzu z. B. auch BRANDES, G.: Weiterentwicklung des Schmierstoffes - ein Beitrag zur Verbesserung der Instandhaltung, in: Fachtagung "Instandhaltung - Partner der Produktion", Stuttgart 24./25. 5. 1973, hrsg. vom DEUTSCHEN KOMITEE INSTANDHALTUNG, S. 14/1-14/12.

120) Vgl. hierzu und zum folgenden vor allem Abschnitt C dieses Kapitels.

Materialsortiment durch Normung und Typung zu bereinigen. Schließlich bildet die Planung des Materialbedarfs für eine einzelne Instandhaltungsleistung eine wesentliche Grundlage für die bedarfsgerechte Bereitstellung des Materials und für die Ermittlung des periodenbezogenen Bedarfs an Instandhaltungsmaterial und dessen Bereitstellungsplanung. Insbesondere die letztgenannten Zwecke sind gleichzeitig eine wichtige Basis für die Instandhaltungskostenplanung und -kontrolle.

1. Ermittlung des Bedarfs an Repetierfaktoren in art- und qualitätsmäßiger Sicht

Die Effizienz bzw. die Ergiebigkeit des Einsatzes von Instandhaltungsmaterialien ist abhängig von dem Grad an Übereinstimmung zwischen deren Eigenschaften einerseits und den an diese Produktionsfaktoren gestellten Anforderungen andererseits[121]. Unter den Materialeigenschaften werden hier die (vorhandenen) Merkmale ihrer stofflich-technischen Beschaffenheit[122] (z. B. Form, Konstruktion, Größe, chemische Zusammensetzung u. ä.) verstanden. Aus den Anforderungen an das Material sind demgegenüber die Ausprägungen der Materialeigenschaften abzuleiten, die zur Erreichung des jeweiligen Einsatzzweckes erforderlich sind.

Hinsichtlich des Verwendungszweckes können die Repetierfaktoren der Instandhaltung in zumindest zwei Hauptgruppen untergliedert werden. Zum einen sind dies jene Faktoren, die für den Einsatz in der betreffenden instandzuhaltenden Anlage bestimmt sind (wie z. B. Ersatzteile, Öle, Fette usw.). Zum anderen werden Instandhaltungsma-

---

121) Vgl. so auch HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 321; vgl. zur Ergiebigkeit des Einsatzes von Materailien bzw. Werkstoffen allgemein etwa GUTENBERG, E.: Die Produktion, S. 122-130; ADAM, D.: Produktionspolitik, S. 50-54.

122) Vgl. hierzu allgemein ähnlich z. B. GROCHLA, E.: Grundlagen der Materialwirtschaft, S. 39; STEFFEN, R.: Analyse industrieller Elementarfaktoren, S. 30f. und die dort angegebene Literatur.

terialien für die Durchführung des Instandhaltungsprozesses selbst benötigt (wie beispielsweise Reinigungsmittel, Schweißelektroden, Energien und dergl.)[123].

Zur Ermittlung der Anforderungen an die Instandhaltungsmaterialien sind die für die jeweilige Verwendungsrichtung spezifischen Einsatzmerkmale herauszuarbeiten, von denen es abhängt, welche Eigenschaften für das bereitzustellende Material überhaupt relevant sind und welche Ausprägung diese Merkmale der stofflich-technischen Beschaffenheit mindestens (bzw. höchstens) aufweisen müssen (bzw. dürfen).

So werden etwa an die für den Einsatz in einer Anlage benötigten Repetierfaktoren der Instandhaltung bestimmte Anforderungen an die Funktionsweise und die Qualität der Funktionsausübung (so z. B. an das überhaupt zu erreichende Niveau und die erforderliche Dauer der Einhaltung dieses Niveaus bzw. die Vermeidung von Qualitätsschwankungen der Arbeitsgenauigkeit) gestellt, die wiederum von der Art der zu übernehmenden Funktion, der Anlagenkonstruktion, dem gegebenenfalls zu bearbeitenden Material und ähnlichen Bestimmungsfaktoren abhängig sind. Weiterhin sind die Ansprüche an die Haltbarkeit - die Dauer der Funktionsausübung - festzulegen, die etwa von den Einsatzbedingungen in der Anlage (z. B. Temperaturen, Temperaturwechseln, Drücken, Zahl der Ein- und Ausschaltungen), von der Bedeutung der zu übernehmenden Funktion (z. B. unterschiedlich hohe Ansprüche an die Haltbarkeit des Schutzanstrichs einer Verkleidung einerseits und eines bestimmte andere Anlagenelemente "tragenden" Bolzens), vom Standort der Anlage, in manchen Fällen auch

---

123) Die Produktionsfaktoren der erstgenannten Gruppe werden zwar naturgemäß ebenfalls im Instandhaltungsprozeß benötigt. Im Unterschied zu der zweiten Kategorie von Materialien gehen sie jedoch im Instandhaltungsprozeß nicht physisch unter; vielmehr ist es Zweck des Instandhaltungsprozesses, die mit ihrer Herstellung gewonnenen, für den Einsatz in der Anlage erforderlichen Potentialfaktoreigenschaften möglichst unverändert in die betreffenden Anlagen einzubringen.

von der (Rest-)Nutzungsdauer der betreffenden Anlage und ähnlichen Bestimmungsgrößen beeinflußt werden. Schließlich können - um nur einige zu erwähnen - besondere Anforderungen an das Aussehen zu stellen sein, etwa in Abhängigkeit vom Standort der Anlage und dem "Ort" des jeweiligen Teils innerhalb der Anlage.

Für die zur Durchführung des Instandhaltungsprozesses selbst benötigten Repetierfaktoren ist prinzipiell eine Analyse gleicher Art vorzunehmen. Allerdings können hier zum einen die einzelnen Anforderungen von denen, die an die für den Einsatz in einer Anlage bestimmten Materialien zu stellen sind, hinsichtlich Art und Bedeutung abweichen. Zum anderen sind hier vielfach andere Bestimmungsfaktoren zu beachten - wie vor allem das jeweilige Instandhaltungsverfahren und die anderen zum Einsatz kommenden Produktionsfaktoren sowie in besonderem Maße oft die betreffenden Instandhaltungsobjekte und deren Merkmale.

Unterschiede zwischen den beiden Gruppen der Instandhaltungs-Repetierfaktoren ergeben sich zumindest teilweise auch aus der Art der Bedarfsermittlung selbst. Da der Ersatz bzw. in manchen Fällen auch die ausbessernde Verschleißbeseitigung Parallelen zur Herstellung der Anlagen(teile) aufweisen[124], kann vielfach auf eine detaillierte Analyse der zur Verschleißbeseitigung benötigten, in die betreffende Anlage einzubauenden Teile verzichtet werden, wenn die entsprechenden Daten aus den Konstruktionsunterlagen hervorgehen oder wenn Anlagenschlüssellisten existieren, die eine Untergliederung der Anlagen bis zu deren einzelnen Bauteilen enthalten[125]. Vereinfacht wird die Bedarfsermittlung auch dann, wenn von Seiten der Anlagenhersteller, -versicherer, des Gesetzgebers oder durch überbetriebliche bzw. betriebsinterne Normung die Verwendung genau (oder innerhalb enger Gren-

---

124) Vgl. hierzu auch WOHINZ, Josef: Die Produktionsverfahren der Ersatzteilproduktion, in: BFuP, 23. Jg. (1971), Nr. 12, S. 688-697, hier S. 688-693.

125) Hierauf verweist insbesondere RENKES, D.: Reserveteilwirtschaft, S. 89f.

zen) festgelegter Materialien vorgeschrieben ist. Diese Möglichkeiten sind demgegenüber Bedarfsermittlung für die im Instandhaltungsprozeß benötigte Repetierfaktoren vielfach nicht gegeben. Diesbezüglich, aber auch dann, wenn die bei der Herstellung der Anlage verwendeten Teile nicht mehr erhältlich sind oder andere als diese aus sonstigen Gründen eingebaut werden sollen[126], wird eine detailliertere Analyse erforderlich. Sie erweist sich darüber hinaus vielfach auch für eine Reihe von in erster Linie der Verschleißhemmung dienenden Instandhaltungsmaterialien (Schmierstoffe, Öle usw.) als notwendig, da hier oft eine Vielzahl unterschiedlicher Sorten eingesetzt und bereitgestellt werden kann[127].

Insbesondere in den letztgenannten Fällen wird die Bedarfsplanung vor besondere Probleme gestellt. So ist zunächst die quantitative Ermittlung der an das Instandhaltungsmaterial zu stellenden Anforderungen mit nicht unerheblichen Schwierigkeiten verbunden. Diese können etwa daraus resultieren, daß die Ansprüche z. B. an die Haltbarkeit von einer Vielzahl von Bestimmungsfaktoren abhängig zu machen sind, die im einzelnen zum Teil gar nicht oder nur mit erheblichem Informationsaufwand erfaßt werden können. Zum zweiten besteht eine in manchen Fällen noch wesentlich größere Schwierigkeit darin, die Anforderungen, die sich aus dem jeweiligen Verwendungszweck ergeben, in Ansprüche an die erforderliche Ausprägung der einzelnen vielfältigen Materialeigenschaften umzusetzen. Und schließlich stellt sich häufig - selbst wenn diese Aufgaben als (zufriedenstellend[128]) gelöst anzu-

---

126) Vgl. so auch RENKES, D.: Reserveteilwirtschaft, S. 89.

127) Vgl. hierzu insbes. GROTHUS, H.: Die Total Vorbeugende Instandhaltung, S. 85-90; REDEKER (G.: Bestimmung des optimalen Lagerbestandes an Instandhaltungsmaterial und Ersatzteilen, S. 26) weist diesbezüglich darauf hin, daß neben den Anlagenschlüssellisten auch Maschinen-Schmierstoffkarten existieren.

128) Insbesondere bei Kleinmaterial und nur in geringerem Umfang spezifischem Bedarf würde es einen zu hohen Aufwand erfordern, eine solche Analyse detailliert durchzuführen. Hier wird man sich in der Regel auf vergleichsweise grobe Angaben beschränken können.

sehen sind - das Problem, daß die bereitstellbaren bzw. vorrätigen Materialien die gestellten Anforderungen nur in Ausnahmefällen gerade vollständig erfüllen. In der Regel werden sie hinsichtlich einiger Anforderungen nicht (gänzlich) ausreichende, bezüglich anderer Anforderungen gerade diese deckende und schließlich in manchen Fällen in Bezug auf die Ansprüche überhöhte Eigenschaften aufweisen. Unter diesen Umständen darf die Bedarfsermittlung nicht nur auf die eher technisch orientierten Aspekte beschränkt bleiben, sondern muß zusätzlich die wirtschaftlichen Auswirkungen des Einsatzes der unterschiedlichen Materialien erfassen. Diese können etwa in vermehrtem Bedarf an anderen Produktionsfaktoren, in einer Verlängerung des Instandhaltungsprozesses mit einer entsprechenden Zunahme der stillstandszeitabhängigen Verschleißwirkungen, in einer Verminderung (der Qualität) der von der Anlage erzeugten Produkte und dergl. bestehen[129].

Schon wegen des mit solchen Analysen verbundenen Aufwandes sollte man sich um eine Typung (Typenbeschränkung) und Normung sowie eine entsprechende Codierung bemühen, wozu allerdings solche Analysen ebenfalls Voraussetzung sind[130].

---

129) Vgl. hierzu auch HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 326f.

130) Auf weitere Vorteile der Normung, Typung und Codierung wird im Abschnitt C dieses Kapitels hingewiesen. Vgl. zu den diesbezüglichen Möglichkeiten und Verfahren z. B. FREMGENS, G. J.: Normen als Grundlage der wirtschaftlichen Instandhaltung, in: Instandhaltung - Partner der Produktion, S. 9/1-9/8; BESTE, T. - KOHLITZ, A.: Grundlagen der Typenbeschränkung und Normung, Dortmund 1976; GROCHLA, E.: Materialwirtschaft, S. 35-40; WIELAND, Hans: Erfolgreiche Normung und Typenbeschränkung in einem Betrieb der Maschinenindustrie. Technische Maßnahmen - wirtschaftliche Auswirkungen, in: Rationalisierung, 11. Jg. (1960), S. 6-8; BÖCKER, A.: Genormte Güteanforderung an Schmierstoffe - eine Voraussetzung für die Senkung der Instandhaltungskosten, in: Aufbereitungstechnik, 5. Jg. (1961), S. 207-211.

2. Planung der Bedarfsmenge

Die Ermittlung der Menge des für eine Instandhaltungsleistung benötigten Instandhaltungsmaterials mag - sofern die betreffende Leistung und die Art des einzusetzenden Materials festgelegt sind - bei erster Betrachtung eine vergleichsweise problemlose Aufgabe sein. In mancher Hinsicht trifft dies auch tatsächlich zu, wie beispielsweise dann, wenn auf die Ermittlung der Bedarfsmenge für solche Repetierfaktoren der Instandhaltung, die für den Einsatz in der instandzuhaltenden Anlage bestimmt sind, abgestellt wird. So kann beispielsweise aus den Anlagenkonstruktionsunterlagen sehr einfach ersehen werden, daß für den Austausch eines bestimmten Druckwandlers an einer bestimmten Pumpe eben ein Druckwandler der genau festgelegten Art und z. B. vier Schrauben und Muttern einer genau determinierten Art und Größe erforderlich sind. Ähnlich genau festgelegt ist etwa die für einen Ölwechsel benötigte Ölmenge. Allerdings kann auch der Fall eintreten, daß trotz genau beschriebener Leistungs- und Materialart (sowie -qualität) die Menge nicht exakt planbar ist. Man denke beispielsweise daran, daß der Ölstand in einem bestimmten Motor auf ein festgelegtes Niveau aufzufüllen ist, jedoch die dazu erforderliche Menge wegen des nicht genau bekannten Verbrauchs nicht genau geplant werden kann - sofern nicht zuvor eine Inspektion des Ölstandes stattgefunden hat. In gleicher Weise gilt dies etwa dann, wenn zwar die erforderliche "Nettomenge" (z. B. Auswechseln eines Bleches) bekannt ist, aber der "Bruttobedarf" wegen einer im Voraus nicht genau angebbaren Verschnittmenge ungewiß bleibt. Ähnlich gilt dies für eine Reihe von Kleinmaterialien, wie z. B. Dichtungen u. ä., deren mengenmäßiger Bedarf oft erst im Verlauf der Durchführung einer Intandhaltungsmaßnahme festgestellt werden kann. Allerdings erscheinen Anstrengungen zur Gewinnung von Informationen, die eine genauere Planung ermöglichen könnten (z. B. Inspektionen), auch wenig sinnvoll, da dieser Bedarf einerseits vielfach von Zufällen abhängt und andererseits auch die Erfassung der betreffenden Materialver-

bräuche (wenngleich vielfach technisch möglich) unwirtschaftlich wäre, da diese Materialien in der Regel nur in größeren Mengen bereitgestellt werden (können).

Tendenziell erscheint die Aussage zulässig, daß der mengenmäßige Bedarf an für den Anlageneinsatz vorgesehenen Repetierfaktoren der Instandhaltung (allerdings mit Ausnahme von Gemeinmaterialien[131]) wie Ölen, Fetten u. ä.) vergleichsweise exakt geplant werden kann, wenn die Art der Leistungen, der benötigten anderen Produktionsfaktoren und schließlich die Verfahren der Durchführung bekannt sind. Bezüglich letzterem ist z. B. von Bedeutung, wie die für den Anstrich eines bestimmten Instandhaltungsobjektes benötigte Farbe - deren Menge außerdem von der Größe der betreffenden Fläche und anderen Einflußgrößen abhängig ist - aufgetragen wird (z. B. von Hand mit einem Pinsel bestimmter Größe, mittels einer Spritzvorrichtung, einer Rolle oder sonstiger Verfahren).

Für die Ermittlung der zur Durchführung des Instandhaltungsprozesses benötigten Mengen an Repetierfaktoren läßt sich grundsätzlich zwar ebenfalls eine entsprechende Unterteilung vornehmen. So sind etwa die für die Erstellung einer bestimmten, nur für die betreffende Instandhaltungsleistung einzusetzenden Vorrichtung, erforderlichen Materialmengen in der Regel durchaus weitgehend genau zu planen (anhand von Konstruktionsunterlagen). Die überwiegende Zahl der Materialarten bereitet hinsichtlich der zu planenden Bedarfsmenge jedoch eine Reihe von Problemen. So kann beispielsweise zumeist nicht genau die erforderliche Menge an Schweißelektroden, Reinigungsmitteln und ähnlichen Materialien angegeben werden, da deren Bedarf von zufälligen Einflüssen wie etwa dem Zustand des Instandhaltungsobjektes (z. B. dem Verschmutzungsgrad) abhängig ist. Ebenso hat hier die oben getroffene Aussage Gültigkeit, daß die Planung der Bedarfsmenge auch aufgrund

---

131) Vgl. zu der Unterscheidung in (Auftrags-)Einzel- und Gemeinmaterial REHWINKEL, G.: Erfolgsorientierte Reihenfolgeplanung, S. 132-137.

der Unwirtschaftlichkeit bzw. sogar Unmöglichkeit der (nachträglichen) Verbrauchserfassung ihren Sinn verlieren würde. Dies gilt etwa auch für den Benzin- und Ölbedarf für die Fahrt mit einem Fahrzeug zu der betreffenden Anlage oder den Sauerstoff- und Gasbedarf für das (autogene) Schweißen eines kleineren Rohrrisses. Der Verbrauch an elektrischer Energie ließe sich zwar grundsätzlich auch - insbesondere bei Arbeiten in einer Werkstatt - durch einen entsprechenden Zähler erfassen, doch wird dies ebenfalls in der Regel unwirtschaftlich sein; dies gilt ebenso dann, wenn der benötigte Strom etwa direkt an der instandzuhaltenden Anlage entnommen wird und mit dem Energieverbrauch der betreffenden Fertigungskostenstelle erfaßt wird. Dieser Bedarf kann wirtschaftlich somit nur auf mehrere Leistungen bzw. auf Perioden bezogen geplant werden.

C Periodenbezogene Planung des Bedarfs an Produktionsfaktoren der Instandhaltung

I. Planung des Bedarfs an Potentialfaktoren

1. Ermittlung des zu erwartenden (Brutto-)Bedarfs an Potentialfaktoren

Die periodenbezogene Planung des (Brutto-)Bedarfs an Potentialfaktoren der Instandhaltung hat dessen art- und mengenmäßige sowie zeitliche Struktur zu konkretisieren. Zweck dieser Planung ist es vor allem, eine geeignete Grundlage für die periodenbezogene Potentialfaktoreinsatz- und -bereitstellungsplanung zu schaffen, die ihrerseits die Basis für die (periodenbezogene) Kostenplanung für diese Produktionsfaktoren bilden. Um diese Aufgabe erfüllen zu können, muß die (Brutto-)Bedarfsplanung wesentlich differenzierter gestaltet sein als etwa die langfristige, mit der Planung der Instandhaltungspolitiken abzustimmende Kapazitätsgrobplanung[132]. Denn einerseits

132) Vgl. hierzu auch den Abschnitt B II. des vierten Kapitels dieser Arbeit.

liefert diese nur einen groben Rahmen für die periodenbezogene Planung des Instandhaltungsprogramms und der Instandhaltungsdurchführung und andererseits beeinflussen auch diese Teilpläne den Potentialfaktorbedarf.

Daher wird der genannte Zweck der Ermittlung des zu erwartenden (Brutto-)Bedarfs an Potentialfaktoren auch nicht erfüllt, wenn man diesen Bedarf etwa in Höhe des Mittelwertes aus jeweils einem Jahr der Unter- und Vollbeschäftigung der Instandhaltung in der Vergangenheit für die Planperiode vorgibt[133].

Vielmehr hat man sich bei der Ermittlung bzw. Prognose des Potentialfaktorbedarfs - ausgehend von dem Bedarf für jeweils eine einzelne Instandhaltungsleistung - an der auf die Planperiode bezogenen Instandhaltungsprogramm- und -ablaufplanung zu orientieren[134]. Denn diese liefern die wesentlichen Informationen über Art, Umfang, Zahl und zeitliche Struktur sowie die Art der Durchführung der in der Planperiode auszuführenden Instandhaltungsleistungen. Will man auf dieser Basis eine periodenbezogene Potentialfaktorbedarfsplanung vornehmen, setzt das voraus, daß der art- und mengenmäßige Bedarf für jeweils eine einzelne Instandhaltungsleistung während der Planperiode (weitgehend) bekannt ist. Inwieweit man davon ausgehen kann, hängt neben den bereits behandelten Problemen, die bei der Planung des Potentialfaktorbedarfs für eine einzelne Instandhaltungsleistung auftreten[135], wesentlich auch davon ab, ob die Leistungen (einer Leistungsart) für ein Instandhaltungsobjekt im Zeitablauf homogen sind. Dies wird umso eher der Fall sein, je mehr man die instandzuhaltenden Anlagen in einfache, wenig komplexe Bauelemente (Instandhaltungsobjekte) zerlegt. Noch verstärkt wird dieser positive Einfluß, wenn man sich in Kooperation mit den Anlagenherstellern um eine möglichst

---

133) Vgl. so BRAUN, E.: Bemessung einer zentralen Reparaturwerkstatt, S. 14o-148.

134) Der Bedarf für eine einzelne Leistung ist dabei natürlich seinerseits insbesondere auch von der periodenbezogenen Ablaufplanung abhängig und umgekehrt.

135) Vgl. hierzu den Abschnitt B I. dieses Kapitels.

weitgehende Standardisierung und Normung der Bauelemente der Anlagen bemüht. Unter diesen Voraussetzungen wird man außer der Art auch die jeweils erforderliche Zahl und Einsatzdauer der Potentialfaktoren für die auf die eigentliche Ausführung der Leistungen bezogenen Tätigkeiten sowohl für - bezüglich des Zeitpunktes - ungeplant als auch geplant auszuführende Leistungen in vergleichsweise engen Grenzen planen können. Allerdings steht einer exakten Bedarfsplanung auch dann entgegen, daß der Potentialfaktorbedarf zu einem erheblichen Teil auch von den jeweiligen Zuständen der betreffenden Instandhaltungsobjekte abhängt und diese selbst bei gleichen Bauteilen und periodischer Instandhaltungspolitik im Zeitablauf in der Regel Streuungen aufweisen. Außerdem bleiben die Zeiten für die der eigentlichen Leistungsausführung vorausgehenden (und nachfolgenden) Tätigkeiten - insbesondere etwa Wegezeiten - für längere Zeiträume kaum detailliert planbar. Weiterhin ist etwa insbesondere auch der Bedarf für Maßnahmen zur Lokalisierung des einen (unerwarteten) Leistungsrückgang einer Anlage verursachenden Anlagenelementes nur begrenzt planbar[136]. Diesbezüglich kann man dann nur von Erwartungswerten ausgehen.

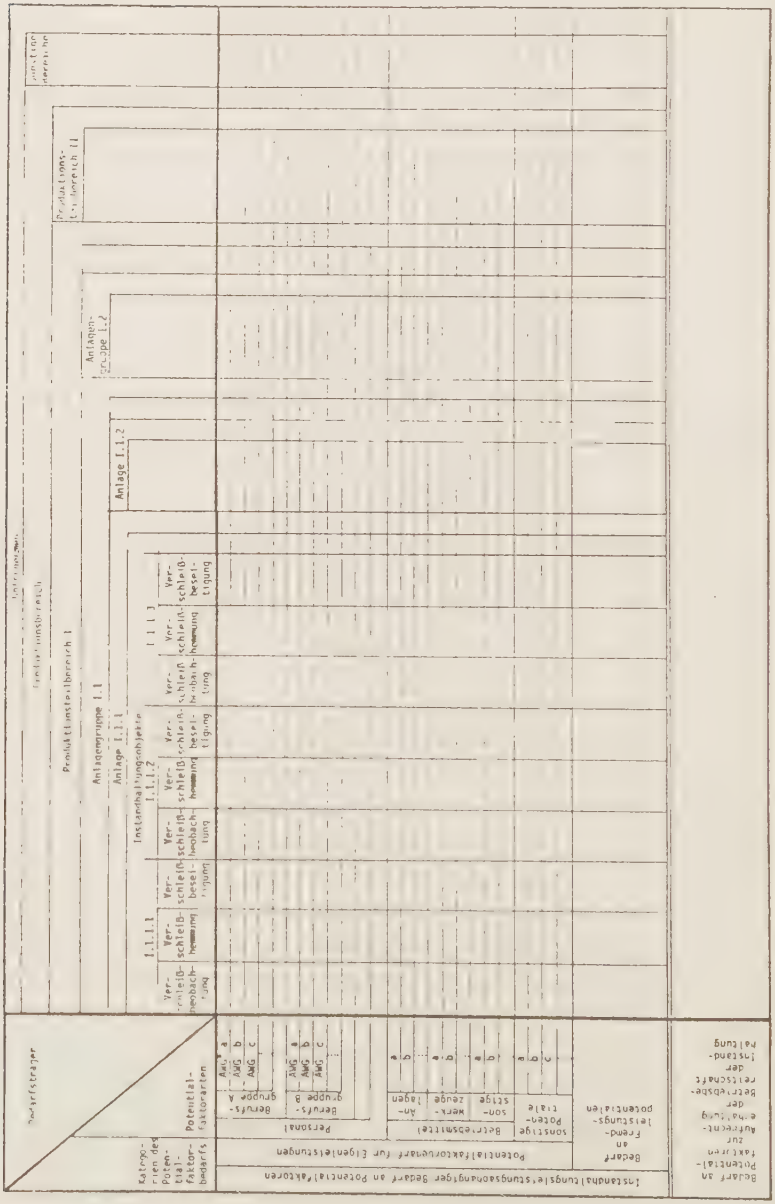
Für die Erfassung der aus den Teilplänen der Instandhaltung abzuleitenden Plandaten bezüglich Art, Menge und zeitlicher Struktur des Potentialfaktorbedarfs bietet es sich an, eine Mengen- und Zeitrechnung für den Bedarf an Potentialfaktoren zu erstellen, wie sie in ihrem Grundaufbau in Abb. 6.7 dargestellt ist.

Dazu ist (in der Kopfzeile) nach den "Bedarfsträgern" untergliedert in die verschiedenen Teilbereiche des Unternehmens, die wiederum nach Anlagengruppen, Anlagen und die einzelnen Instandhaltungsobjekte unterteilt sind. Da der

---

136) Vgl. zu den Möglichkeiten und Grenzen der Erfassung von Schadensursachen sowie den daraus resultierenden Möglichkeiten einer Planung der entsprechenden Maßnahmen z.B. VOIGT, J.-P.: Erfassung, Auswertung und Nutzung von Schadendaten, S. 91-105 und die dort angegebenen weiteren Quellen.

Abb. 6.7: Schematische Darstellung des Aufbaus einer Bedarfsgrundrechnung für die Potentialfaktoren der Instandhaltung



* Arbeitsverteilergruppe

Potentialfaktor(leistungs-)bedarf für die an diesen Bedarfsträgern auszuführenden Instandhaltungsleistungen (Verschleißbeobachtung, -hemmung und -beseitigung) entsteht, ist eine weitere entsprechende Differenzierung erforderlich[137].

In der Vertikalen ist die Bedarfs-Grundrechnung in Kategorien des Potentialfaktorbedarfs und weiter in einzelne Potentialfaktorarten unterteilt. Zunächst wird dabei unterschieden zwischen einem von Bedarf an Instandhaltungsleistungen (unmittelbar) abhängigen Leistungsbedarf einerseits und einem davon weitgehend (zumindest innerhalb bestimmter Grenzen) unabhängigen Bedarf zur Aufrechterhaltung der Betriebsbereitschaft der Instandhaltung andererseits. Zum letzteren zählen etwa die Instandhaltungsgebäude, das Personal zur Planung und Kontrolle der Instandhaltung, Personal zur Verwaltung der Instandhaltungslager, personelle und maschinelle Potentiale zur Beschaffung von Material und Ersatzteilen und dergl.

Der leistungsabhängige Potentialfaktorbedarf ist weiter untergliedert in den Bedarf an Fremdleistungspotentialen und den Potentialfaktorbedarf für Eigenleistungen. Dieser ist dann nach einzelnen Potentialfaktorarten differenziert. Beim Personal wird schließlich - wie dies auch in der Literatur zum Teil gefordert wird[138] - zwischen verschiedenen Berufsgruppen und innerhalb derer nach Arbeitswertgruppen unterschieden.

Zur Erfassung des Potentialfaktorbedarfs für die Ausführung der Instandhaltungsleistungen an den einzelnen Instandhaltungsobjekten sind nun die jeweils benötigten Zeiten der Nutzung der betreffenden Potentialfaktorart in

---

137) Streng genommen müßte auch bei den Leistungsarten noch weiter nach einzelnen (insbesondere von der Verfahrenswahl abhängigen) konkreten Tätigkeiten (z.B. für die Verschleißbeseitigung in Reparatur und Austausch) unterschieden werden. Darauf wird hier verzichtet.

138) Vgl. beispielsweise ORDELHEIDE, D.: Instandhaltungsplanung, S. 51-54; SCHELO, S. J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 252.

den entsprechenden Spalten einzutragen. Die Tatsache, daß für eine Leistung an einem Objekt möglicherweise auch mehrere Potentialfaktoreinheiten derselben Art gleichzeitig benötigt werden, kann durch den Ausweis mehrerer Werte (z.B. 3,3 oder 2,4,6) berücksichtigt werden, wobei dann jeder Wert die zeitliche Inanspruchnahme einer Potentialfaktoreinheit wiedergibt. Um die Erläuterung des prinzipiellen Aufbaus dieser Mengen- und Zeitplanung zu vereinfachen, wird hier davon ausgegangen, daß jeweils nur eine Einheit einer Potentialfaktorart eingesetzt wird.

Dies gilt allerdings nur für den leistungsbhängigen Bedarf an Potentialfaktoren. Daher ist der Bedarf an Potentialfaktoren zur Aufrechterhaltung der Betriebsbereitschaft der Instandhaltung in der Mengen- und Zeitrechnung auch gesondert zu erfassen. Auf seine Berücksichtigung wird im folgenden noch eingegangen.

Um nun eine zeitraum- bzw. periodenbezogene Bedarfsplanung zu erreichen, d. h. um den Bedarf an einzelnen Potentialfaktoren zu jedem Zeitpunkt innerhalb der Planungsperiode zu antizipieren, muß die Mengen- und Zeitplanung theoretisch exakt jeden Bedarfszeitpunkt in der Planperiode berücksichtigen oder - mit anderen Worten - für jeden dieser Zeitpunkte erstellt werden. Da dies jedoch selbst bei einer computergestützten Bedarfsplanung kaum zu verwirklichen ist, bietet es sich an, den Bedarf etwa nur für jeweils eine Schicht zu ermitteln. Dann ergibt sich der Bedarf an Potentialfaktoreinheiten einer Faktorart als Quotient aus der Summe der benötigten Zeiteinheiten und der Schichtlänge[139].

Da die Planung des Potentialfaktorbedarfs auf der Instandhaltungsprogramm- und -ablaufplanung aufbaut, hat man sie in enger Anlehnung an die Gestaltung dieser Teilpläne vor-

---

139) Allerdings liefert diese Rechnung streng genommen nur eine Untergrenze etwa für die Zahl der benötigten Arbeitskräfte während einer Schicht, da Parallelarbeiten nicht berücksichtigt sind. Um auch dies aufzunehmen, wären entsprechend umfangreichere Rechnungen anzustellen.

zunehmen. Dies bedeutet insbesondere, daß sie ebenfalls in Form einer rollierenden Planung mit in Abhängigkeit von der Länge des Planungszeitraums unterschiedlichem Detaillierungsgrad zu erstellen ist. Hinzu kommt, daß die Zahl und insbesondere die Zeitpunkte für ungeplant auszuführende Leistungen oft nur grob geschätzt und dann nur größeren Zeiträumen (als einer Schicht) zugeordnet werden können. Wie die Analyse des Einflusses der unterschiedlichen Instandhaltungspolitiken auf die Planbarkeit des periodenbezogenen Instandhaltungsprogramms gezeigt hat[14o], sind auch die in den Instandhaltungspolitiken festgelegten Leistungen nur begrenzt für längere Zeiträume im voraus exakt planbar. Daher wird man den Bedarf für relativ kurze Zeiträume, bezogen auf etwa jeweils eine Schicht, dann aber auf zunehmend längere Teilperioden (Tag, Woche, Monat) abstellend ermitteln bzw. prognostizieren.

Ein Problem ergibt sich nun insbesondere deshalb, weil der für vergleichsweise kurze Zeiträume genauer zu ermittelnde Potentialfaktorbedarf in der Regel nicht als effektiver (Brutto-)Bedarf ausgewiesen werden darf, da ein solches Vorgehen zu schwerwiegenden Fehlentscheidungen führen könnte. Diese Gefahr besteht vor allem dann, wenn der Bedarf schwankt und kurzfristig ein besonders hohes oder niedriges Niveau aufweist. In dieser Situation könnte man nämlich veranlaßt sein, nach einem Vergleich des ausgewiesenen (Brutto-)Bedarfs an Potentialfaktoren mit dem vorhandenen Bestand an Potentialfaktoren beispielsweise zusätzliches Personal einzustellen bzw. einen Teil des Personals zu entlassen oder umzusetzen. Dies hätte jedoch zur Folge, daß man - sobald der Bedarf wieder sinkt - überhöhte Bereitschaftskosten für die (bzw. einen Teil der) zusätzlich eingestellten Arbeitskräfte oder - sobald der Bedarf wieder steigt - zusätzliche nachteilige Verschleißwirkungen in Kauf nehmen muß, weil die verringerte Kapazität zur termingerechten Durchführung der Instandhaltungsaufträge nicht ausreicht. Dies ist letztlich darauf

---

14o) Vgl. den Abschnitt B I. des vierten Kapitels dieser Arbeit.

zurückzuführen, daß man insbesondere beim Auf- und Abbau der Potentialfaktoren vertragliche Bindungen eingehen muß, deren "Herstellung", Auflösung und Dauer an Termine und Fristen gekoppelt ist, die über solche kürzeren Zeiträume oft weit hinausreichen. Um die daraus resultierenden, oben angedeuteten Gefahren schon bei der Planung des (Bereitstellungs-)Bedarfs an Potentialfaktoren zu berücksichtigen bzw. zu vermeiden, muß die Potentialfaktorbedarfsplanung insbesondere zur Ermittlung des Bereitstellungsbedarfs auf entsprechend längere Zeiträume - unter Inkaufnahme einer möglicherweise erheblich geringeren Genauigkeit[141] - abstellen. Sie hat sich dabei vornehmlich an den auf solche längeren Perioden bezogenen Instandhaltungsprogramm- und -(grob-)ablaufplanungen bzw. unmittelbar an der Festlegung der Instandhaltungspolitiken selbst zu orientieren[142].

Einfacher gestaltet sich demgegenüber die Bedarfsplanung für die zur Aufrechterhaltung der Betriebsbereitschaft der Instandhaltung benötigten Potentialfaktoren. Denn dieser Bedarf variiert allenfalls mit erheblichen Veränderungen des Bedarfs an Instandhaltungsleistungen und kann daher in der Regel für die Planperiode insgesamt

141) So erklärt sich wohl auch die Ansicht, daß die Bestimmung der Personalstärke "...der größte Unsicherheitsfaktor..." im Instandhaltungsbereich ist; so MORGHEN, D. - EBERHARDT, K.: Kostensenkung durch geplante Instandhaltung, in: Werkstatt und Betrieb, 106. Jg. (1973), Heft 7, S. 459-465, hier S. 464.

142) Vgl. zu den Problemen einer langfristigen Personalbedarfsplanung z. B. KOSSBIEL, Hugo: Möglichkeiten und Grenzen einer langfristigen Personalbereitstellungsplanung mit Hilfe quantitativer Methoden, in: Quantitative Ansätze in der Betriebswirtschaftslehre, Bericht von der wissenschaftlichen Tagung des Verbandes der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e. V. vom 1.-3. Juni 1977 in Darmstadt, hrsg. von Heiner MÜLLER-MERBACH, o. O., o. J., S. 361-373, hier insbes. S. 363-368 sowie die dort angegebene Literatur; KLEENSANG, M. H. - KOCH, G. A.: Produktionsprogrammabhängige Personalbedarfsplanung, in: Mitteilungen des Forschungsinstituts für Rationalisierung (TH Aachen), Jg. 1973, Heft 18, S. 1-17 und die dort angegebenen weiteren Quellen. Einen allgemeinen Überblick über verschiedene Verfahren zur Personalbedarfsplanung gibt DOMSCH, Michel: Die Planung des Personalbedarfs, in: ZfbF (Kontaktstudium), 3o. Jg. (1978), Heft 1, S. 111-119.

als konstant angenommen werden. Insofern reicht ein Ausweis der Termine und Fristen, zu denen bzw. innerhalb derer die Zahl solcher Potentialfaktoren verändert werden kann, aus. Zweckmäßig ist diese Dokumentation einerseits für den Fall, daß erhebliche Veränderungen des Leistungsbedarfs mit entsprechenden Auswirkungen auf den Bedarf an diesen Faktoren eintreten. Andererseits dient sie als Grundlage für die Kostenplanung.

2. Planung des Bereitstellungs- und Einsatzbedarfs an Potentialfaktoren

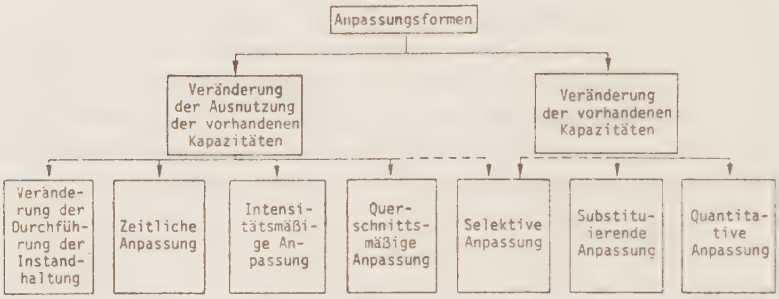
Im Anschluß an die Ermittlung bzw. Prognose des (Brutto-)-Bedarfs an Potentialfaktoren ist zu erfassen, ob dieser mit den verfügbaren Potentialfaktoren übereinstimmt. Ist dies nicht der Fall, hat man zu planen, ob der zusätzliche bzw. geringere Bedarf durch die Bereitstellung zusätzlicher Potentialfaktoren bzw. den Abbau von Potentialfaktoren für die Eigeninstandhaltung oder aber (teilweise) durch das Abschließen (bzw. die Auflösung) bestehender) langfristiger Fremdleistungsverträge zu decken ist. Anders formuliert stellt sich das Problem, den Bereitstellungs- bzw. Abbaubedarf an diesen Potentialfaktorarten zu ermitteln. Hierzu können etwa die Verfahren zur langfristigen Wahl zwischen Eigen- und Fremdinstandhaltung herangezogen werden[143]. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß die langfristigen (quantitativen) Anpassungsmöglichkeiten streng genommen wiederum mit den kurzfristigen Anpassungsmöglichkeiten (vgl. dazu auch den Überblick in Abb. 6.8) abgestimmt werden müssen, wenngleich dies aufgrund des zumindest teilweise stochastischen Charakters der Instandhaltungsplanung zur Zeit noch nicht realisierbar ist[144].

---

143) Vgl. dazu den Abschnitt B I. 2. des fünften Kapitels dieser Arbeit.

144) Vgl. ähnlich SCHMIDT, Reinhart: Kapazitätsplanung in stochastischen Produktionssystemen, Meisenheim am Glan 1968, S. 35f.

Abb. 6.8: Überblick über wichtige Formen der Variation des Instandhaltungsleistungsvolumens



Das Problem der kurzfristigen Anpassung stellt sich besonders dann, wenn die an der Instandhaltungsprogramm- und -ablaufplanung orientierte Bedarfsermittlung ergibt, daß die vorhandene Kapazität aufgrund der Bedarfsschwankungen entweder nicht ausreicht, alle Instandhaltungsaufträge termingerecht auszuführen oder nicht zu jedem Zeitpunkt voll (bzw. weitgehend) ausgelastet ist.

Da sich je nach Art der kurzfristigen Anpassung der vorhandenen Kapazität an den Bedarf ein unterschiedlicher Einsatz- oder Bereitstellungsbedarf ergibt, sind entsprechende Anpassungsmaßnahmen bereits im Rahmen der Bedarfsplanung zu berücksichtigen. Hierzu ist somit zu untersuchen, welche erfolgswirtschaftlichen Auswirkungen mit den verschiedenen Anpassungsmöglichkeiten ohne eine Veränderung des vorhandenen Bestandes an Potentialfaktoren im Instandhaltungsbereich verbunden sind. Dazu zählen insbesondere die zeitliche und intensitätsmäßige Anpassung sowie die Veränderung der Ausnutzung des Kapazitätsquerschnitts.

Eine zeitliche Anpassung besteht in der alleinigen Variation der Einsatzdauer bei unveränderter Ausnutzung der möglichen Intensität und des Kapazitätsquerschnitts der vorhandenen Potentialfaktoren[145]. Realisiert werden kann

145) Vgl. sinngemäß REHWINKEL (G.: Erfolgsorientierte Rei-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

diese Anpassungsform durch eine Variation der Einsatzdauer einer Schicht - durch Verkürzung der Arbeitszeit oder durch das Einlegen von Überstunden[146] durch Veränderung der Arbeitsschichten pro Tag[147] durch Variation

---

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite:
henfolgeplanung, S. 68), der feststellt, daß die querschnittsmäßig unveränderte Auslastung in der Literatur keine Berücksichtigung findet; vgl. auch die dort angegebenen Quellen sowie zusätzlich etwa LAYER, Manfred: Optimale Kapazitätsausnutzung und Kapazitätsbereitstellung. Sequentielle Produktions- und Investitionsplanung mit Hilfe der Dynamischen Programmierung, Würzburg-Wien 1975, S. 41-47; HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 314; SCHELO, S. J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 253f.; MIDDELMANN, U.: Planung der Anlageninstandhaltung, S. 107f. Ebenso wird der Auffassung REHWINKEL's gefolgt, daß die Stilllegung und Wiederinbetriebnahme von Betriebsmitteln im Gegensatz zu GUTENBERG (E.: Die Produktion, S. 379 - quantitative Anpassung vom Typ B) und REICHMANN, (Thomas: Die Abstimmung von Produktion und Lager bei saisonalem Absatzverlauf, Köln-Opladen 1968, S. 37 - quantitative Anpassung im engeren Sinn) sowie in Anlehnung an REICHMANN auch KOLLERER (H.: Betriebsunterbrechungen, S. 276) auf den jeweiligen Potentialfaktor abstellend zur zeitlichen Anpassung zu zählen ist, da die Menge der vorhandenen Potentialfaktoren nicht verändert wird (S. 68).

146) Vgl. so auch REHWINKEL, G.: Erfolgsorientierte Reihenfolgeplanung, S. 69; BRAUN, E.: Bemessung einer zentralen Reparaturwerkstatt, S. 142; SCHELO, S. J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 253f.; HERZIG, (N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 315) schließt allerdings eine Verkürzung der täglichen Arbeitszeit (weitgehend) aus, weil bei solchen temporären Beschäftigungsrückgängen ein Ausgleich über die Arbeitsintensität erfolge. Nach Ansicht des Verfassers sollte eine mögliche Anpassungsform jedoch nicht von vornherein - ohne Untersuchung der erfolgswirtschaftlichen Auswirkungen - ausgeschlossen, sondern darüber in einer Wirtschaftlichkeitsrechnung entschieden werden, wenngleich dabei auch einige weniger oder kaum quantifizierbare Einflußgrößen einzubeziehen sind (wie z. B. eine mögliche Entmotivierung des Personals durch "Füllarbeiten").

147) Vgl. REHWINKEL, G.: Erfolgsorientierte Reihenfolgeplanung, S. 69; er schließt zu Recht eine Variation der Arbeitsschichten pro Tag bei gegebenem Personalbestand aus. Dies erscheint insbesondere für die Instandhaltung wichtig, da etwa - bei Einlegen einer zweiten Schicht in der Produktion während der Nacht - nur einige Instandhaltungshandwerker zur Behebung kleinerer Störungen aus dem vorhandenen Personalbestand in dieser zusätzlichen Schicht eingesetzt und
Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

der Arbeitstage je Woche oder Arbeitswochen je Monat bzw. auch der Arbeitsmonate pro Jahr[148]. Insofern ist die zeitliche Anpassung nicht nur "...von erheblicher Relevanz zur Überwindung von kurzfristigen Engpässen..."[149], sondern auch zur Anpassung an einen über vergleichsweise längere Zeiträume bestehenden Beschäftigungsrückgang im Instandhaltungsbereich.

Als Grundlage für die Auswahl einer Anpassungsalternative sind nun die erfolgswirtschaftlichen Auswirkungen der zeitlichen Anpassung im Instandhaltungsbereich zu erfassen. Diese betreffen zum einen die Instandhaltungskosten. Zum anderen kann man mit dieser Anpassungsmaßnahme in der Instandhaltung auch auf die ökonomischen Verschleißwirkungen Einfluß ausüben.

Im Hinblick auf die Instandhaltungskosten kann man davon ausgehen, daß im Fall der Einlegung von Überstunden und des Einbeziehens im allgemeinen arbeitsfreier Wochentage zusätzliche zeitproportionale Personalkosten anfallen - wenn zunächst Überstunden- und Wochenend- bzw. Feiertagszuschläge außer acht bleiben. Werden diese einbezogen, ergibt sich eine - je nach der Staffelung dieser Zuschläge - ein oder mehrfach geknickte Kostenkurve für die zusätzlich anfallenden Personalkosten[150] Im Fall einer Reduzierung der Arbeitszeit gegenüber der "Normalzeit" (Kurzarbeit) fallen Kosten für einen Teil der Sozialversicherung weiterhin an sowie gegebenenfalls zusätzliche Kosten für die Anmeldung von Kurzarbeit beim Arbeitsamt sowie für die Errechnung und Auszahlung des Kurzarbeiter-

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
dies auch als Variation der Schichtzahl verstanden werden könnte. In Wirklichkeit ist dies jedoch eine Kombination aus zeitlicher und intensitätsmäßiger Anpassung.

148) Vgl. zur zeitlichen Anpassung an einen Beschäftigungsrückgang allgemein auch STÖHR, Andereas: Kurzarbeit als arbeitsmarktpolitisches Instrument, in: WiSt, Jg. 1975, Heft 1o, S. 5o1f.

149) HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 315.

15o) Vgl. ebenda, S. 315.

geldes[151]. Außer den Personalkosten sind zusätzliche entfallende Betriebsmittelkosten zu berücksichtigen. Diese ergeben sich durch zusätzliche Hilfsstoff- und Energiekosten für die steigende zeitliche Inanspruchnahme der Betriebsmittel einerseits[152] und - im Falle einer zeitlich geringeren Inanspruchnahme - durch eine entsprechende Abnahme dieser Kosten sowie durch dann möglicherweise zusätzlich anfallende Kosten für die zeitweise Stillegung, Konservierung und Wiederinbetriebnahme der Betriebsmittel[153]. Schließlich können die Instandhaltungsmaterial- und Energiekosten auch wegen der bei Durchführung von Instandhaltungsleistungen in Überstunden vielfach nachlassenden Konzentration und Qualität der Arbeit des Instandhaltungspersonals ansteigen[154].

Außer den Instandhaltungskosten sind vor allem auch die möglichen Auswirkungen auf die ökonomisch nachteiligen Verschleißwirkungen zu berücksichtigen, worauf in der Instandhaltungsliteratur in der Regel nicht hingewiesen wird. Ob und inwieweit durch die Ausführung von Instandhaltungsaufträgen in Überstunden, Nachtschichten, an Wochenenden, an Feiertagen (oder in Betriebsferien im Produktionsbereich) positive Einflüsse auf die Verschleißwirkungen ausgehen, hängt davon ab, ob die Produktion in den betreffenden Zeiten (ohnehin) ruht oder nicht. Im letzteren Fall ist ein Vorteil deshalb feststellbar, weil mit der Instandhaltung der (des) betreffenden Instandhaltungsobjekte(s) nicht etwa bis zur nächsten "normalen" Schicht des Instandhaltungspersonals gewartet wer-

---

151) Vgl. hierzu im einzelnen STÖHR, A.: Kurzarbeit, S. 5o2.

152) Zu beachten ist dabei, daß insbesondere die zusätzlichen Energiekosten je Zeiteinheit mit zunehmender Dauer der Betriebsmittelbeanspruchung je Teilperiode aufgrund der Staffelung der Stromtarife (relativ) abnehmen können.

153) Vgl. hierzu auch HEINEN, E.: Betriebswirtschaftliche Kostenlehre, S. 279.

154) Hierauf verweist etwa auch ADAM, Dietrich: Produktionsdurchführungsplanung, in: Industriebetriebslehre in programmierter Form, hrsg. von Herbert JACOB, Bd. II: Planung und Planungsrechnung, Wiesbaden 1972, S. 329-498, hier S. 347.

den muß. Im anderen Fall entfallen von der Instandhaltungsdauer bzw. von Wartezeiten abhängige Verschleißwirkungen völlig oder zumindest teilweise[155].

Bei gegebenem Bestand an Potentialfaktoren steht als weitere, nur die Ausnutzung der vorhandenen Kapazitäten verändernde Maßnahme eine intensitätsmäßige Anpassung durch Variation der Arbeitsgeschwindigkeit bei feststehender Betriebszeit und querschnittsmäßiger Auslastung zur Verfügung[156]. Sie bewirkt eine schnellere (oder langsamere) Ausführung von Instandhaltungs(teil-)leistungen durch die Instandhaltungsanlagen (größere Geschwindigkeit von Drehbänken, Bohrmaschinen, Transportmitteln usw.) und des Instandhaltungspersonals. Problematisch ist die Einplanung einer intensitätsmäßigen Anpassung insbesondere beim Personal, da dieses die Arbeitsgeschwindigkeit weitgehend selbst bestimmt[157]. Daher läßt sich eine veränderte Arbeitsintensität nur durch bestimmte Anreize initiieren. Eine Möglichkeit hierzu besteht in der Wahl einer geeigenten Entlohnungsform und Lohnhöhe[158].

Die Gestaltung dieser beiden Einflußgrößen bestimmt weitgehend auch die von einer intensitätsmäßigen Anpassung abhängigen Personalkosten der Instandhaltung. Ohne hier

---

155) Dies ist abhängig von der Lage des (geplanten oder ungeplanten) Beginns der Instandhaltung innerhalb der Produktionszeit.

156) Vgl. zu diesem Begriff der intensitätsmäßigen Anpassung REHWINKEL, G.: Erfolgsorientierte Reihenfolgeplanung, S. 74 und die dort aufgeführten weiteren Quellen. Vgl. zusätzlich etwa LAMBRECHT, Wolfgang: Die Optimierung intensitätsmäßiger Anpassungsprozesse, Meisenheim am Glan 1978, insbes. S. 13-57. In der Instandhaltungsliteratur wird diese Anpassungsalternative zumeist nicht genannt. Eine Ausnahme bildet etwa HERZIG (N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 311-314), der allerdings auch nicht die Konstanz der querschnittsmäßigen Auslastung beachtet.

157) Vgl. so auch HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 311.

158) Vgl. ähnlich REHWINKEL, G.: Erfolgsorientierte Reihenfolgeplanung, S. 75 und die dort angegebene Literatur; HERZIG, N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 311f.

im einzelnen auf unterschiedliche Lohnformen[159] einzugehen, kann festgestellt werden, daß bei Anwendung von Akkord- und Prämienlohnsystemen ein Mindestlohn in Höhe des Tariflohnes oder sogar eines Durchschnittslohnes[160] aus einem größeren Zeitraum zu zahlen ist. In Abhängigkeit von der Entlohnungsform werden somit akkord- oder prämienbedingte Personalkosten relevant, wenn diese den Grundlohn übersteigen[161]. Zu berücksichtigen ist bei Überlegungen hinsichtlich des Einsatzes von solchen Entlohnungssystemen außerdem, daß Überschreitungen der (im Rahmen der gesamten Instandhaltungsorganisation auf Dauer erreichbaren) "Normalintensität" nur innerhalb kurzer Zeiträume, und auch dann nur relativ selten, auftreten sollten, um langfristig wirksame nachteilige Konsequenzen einer Überlastung des Instandhaltungspersonals zu vermeiden[162]. Dies ist auch deswegen zweckmäßig, weil mit zunehmender Arbeitsgeschwindigkeit vielfach die Arbeitsgenauigkeit abnimmt und ein steigender Materialverbrauch (Ausschuß) zu beobachten ist, während bei sinkender Intensität vielfach Motivationsverluste - und daraus resultierend mangelhafte Arbeitsausführungen - festzustellen sind.

Für die intensitätsabhängigen Betriebsmittelkosten sind formal ähnliche Zusammenhänge zu berücksichtigen. So werden bei gegenüber der Optimalintensität abweichender Produktionsgeschwindigkeit zumeist höhere Energiekosten, zusätzlicher Ausschuß, schnellerer Verschleiß und ähnliche kostenmäßige Nachteile zu erwarten sein.

---

159) Vgl. hierzu etwa BAIERL, Friedrich: Lohnanreizsysteme, 5. Aufl., München 1974, speziell auf die Instandhaltung bezogen insbes. S. 311-315; MÖLLER, G.: Vorschlag zur Prämienentlohnung in der Instandhaltung, in: ZwF, 7o. Jg. (1975), Heft 8, S. 462f; WIESNER, Herbert: Der Prämienlohn in Theorie und Praxis, Köln 1969.

16o) Vgl. so auch WIESNER, H.: Prämienlohn, S. 17o und 173.

161) Insofern ist HERZIG (N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 313) zu widersprechen, der unterstellt, daß sich die periodenbezogenen Lohnkosten intensitätsproportional entwickeln.

162) Vgl. so auch ebenda, S. 314.

Gegenüber diesen Nachteilen einer Variation der Produktionsgeschwindigkeit können erfolgswirtschaftlich relevante Vorteile vor allem aus einer positiven Einflußnahme auf die Verschleißwirkungen resultieren. Diese ergeben sich insbesondere durch eine Verkürzung der Instandhaltungsdauer und der Reduzierung instandhaltungsdauerabhängiger Verschleißwirkungen.

"Wird der Umfang der Fähigkeiten der Arbeitskräfte oder das Fassungsvermögen der Betriebsmittel bei konstanter Betriebszeit, vorgegebener Produktionsgeschwindigkeit und unverändertem Personal- und Betriebsmittelbestand unterschiedlich genutzt, ..., kann diese Maßnahme als Anpassung durch unterschiedliche Ausnutzung des Kapazitätsquerschnitts oder kurz als querschnittsmäßige Anpassung bezeichnet werden"[163]. Wenngleich diese Anpassungsalternative vornehmlich bei Chargenprozessen (in der chemischen Industrie) eingesetzt wird[164], so sind bestimmte Erscheinungsformen doch auch in der Instandhaltung anzutreffen. Dies gilt etwa für den Fall der Reinigung (eines oder mehrerer Teile) in Tauchanlagen. Wenn Verträge mit Fremdfirmen derart abgeschlossen werden, daß während des Planungszeitraumes Personal innerhalb vertraglich festgelegter Grenzen hinsichtlich Zahl und Einsatzdauer kurzfristig quasi beliebig geleast werden kann (aufgrund der Zahlung einer entsprechenden Grundgebühr), so kann auch die wechselnde, bedarfsabhängige Inanspruchnahme des "Querschnitts" dieses zusätzlichen Potentials als Erscheinungsform der querschnittsmäßigen Anpassung eingeordnet werden.

Bei dieser letzteren Erscheinungsform der querschnittsmäßigen Anpassung im Instandhaltungsbereich werden in der

---

163) REHWINKEL, G.: Erfolgsorientierte Reihenfolgeplanung, S. 76f. (Hervorhebung durch den Verfasser).

164) Vgl. dazu insbesondere RIEBEL, Paul: Kostengestaltung bei chargenweiser Produktion, in: Der Industriebetrieb und sein Rechnungswesen, Festschrift für M. R. Lehmann, hrsg. von C. E. SCHULZ, Wiesbaden 1956, S. 136-155, hier insbes. S. 142-147.

Regel mit der Variation der Ausnutzung des Kapazitätsquerschnitts zeitproportionale zusätzliche Instandhaltungsleistungskosten anfallen, solange Personal weitgehend gleicher Qualifikation in Anspruch genommen wird[165]. Der Vorteil im Hinblick auf die ökonomischen Verschleißwirkungen ist vor allem darin zu sehen, daß mehrere Instandhaltungsleistungen parallel ausgeführt werden können und somit wartezeitbedingte Verschleißwirkungen (teilweise) vermeidbar sind.

Schließlich sind im Instandhaltungsbereich solche (Anpassungs-)Maßnahmen denkbar, die ohne eine Veränderung sowohl des vorhandenen Bestandes an Instandhaltungspotentialfaktoren als auch deren Ausnutzung zu verwirklichen sind. Möglichkeiten hierzu bestehen etwa darin, Arbeitskräfte aus dem Produktionsbereich sowie kurzfristig - kapazitätsbedingt - (einzelne) Fremdleistungen in Anspruch zu nehmen[166]. Die erfolgswirtschaftlichen Konsequenzen der letzteren Maßnahme wurde bereits beschrieben. Durch den (jeweils kurzfristigen) Einsatz von Arbeitskräften der Fertigung werden in der Regel dann keine zusätzlichen Instandhaltungskosten bzw. entgehende Deckungsbeiträge in dem betreffenden Fertigungsbereich verursacht, wenn dieses Personal dort unterbeschäftigt ist. Damit erschöpfen sich allerdings noch nicht die (kurzfristigen) Anpassungsmöglichkeiten. Vielmehr hat man auch Überlegungen dahingehend anzustellen, den Prozeß der Erstellung der Instandhaltungsleistungen - durch Wahl eines im Hinblick auf die Kosten oder andere Merkmale ungünstigeren Instandhaltungsverfahrens oder durch einen erfolgswirtschaftlich (gegenüber dem ursprünglichen) nachteiligen Reihenfolgeplan - zu verändern. Daraus resultierende erfolgswirtschaftliche Nachteile sind mit denen der beschriebenen anderen Maßnahmen zu vergleichen und die dort ins-

165) Die Kosten für den Vertrag als solchen sind (z. B. in Form einer "Grundgebühr") dagegen Bereitschaftskosten.

166) HERZIG (N.: Die theoretischen Grundlagen, S. 316f.) ordnet diese Maßnahmen fälschlicherweise den quantitativen Anpassungsmaßnahmen zu.

gesamt günstigste Alternative ist auszuwählen[167].

II. Planung des Bedarfs an Repetierfaktoren

Die periodenbezogene Planung des Bedarfs an Repetierfaktoren der Instandhaltung erfordert die Erstellung und Abstimmung mehrerer eng miteinander verbundener Teilpläne. Mit der Planung des Verbrauchsbedarfs ist zunächst die für die Planperiode zu erwartende art- und mengenmäßige sowie zeitliche Struktur[168] des Einsatz(Verbrauchs-)bedarfs an Repetierfaktoren zu ermitteln bzw. zu prognostizieren. Welche Repetierfaktoren in welcher Menge zu welchem Zeitpunkt des Planungszeitraumes[168] bereitzustellen - zu beschaffen oder selbst herzustellen - sind, ist Ergebnis der Planung des Bereitstellungsbedarfs. Verbrauchs- und Bereitstellungsbedarf müssen allerdings nicht identisch sein. Sie können vielmehr hinsichtlich einer oder mehrerer der genannten Dimensionen des Bedarfs (vornehmlich Art, Menge oder Zeitpunkt) voneinander abweichen. Ist dies der Fall, so resultieren die auftretenden Unterschiede aus einem noch vorhandenen Lagerbestand und/oder aus der Planung eines Vorratsbedarfs an (lagerfähigen) Repetierfaktoren. Die Einplanung eines Vorratsbedarfs soll vor allem dazu beitragen, Unsicherheiten in der Planung des Verbrauchsbedarfs und daraus möglicherweise resultierende wirtschaftliche Nachteile aufzufangen, wirtschaftliche Bereitstellungsmengen zu realisieren und Restriktionen im Bereich der Bereitstellung (z. B. Einkauf nur zu bestimmten Terminen) zu berücksichtigen[169].

---

167) Vgl. hierzu auch den Abschnitt B I. 2. des fünften Kapitels dieser Arbeit.

168) Zusätzlich ist streng genommen noch der Ort des Bedarfs (und der Bereitstellung) zu planen. Darauf verweist allgemein etwa der ARBEITSKREIS WEBER-HAX der Schmalenbach-Gesellschaft: Der Einkauf im Industriebetrieb als unternehmerische und organisatorische Aufgabe, Köln und Opladen 1960, S. 37f.

169) Vgl. ähnlich z. B. GURMANN, K. - SCHREIBER, K.: Ersatzteilvorratsplanung, S. 332f.

1. Ermittlung des zu erwartenden Verbrauchsbedarfs

Angesichts der zumeist sehr großen Zahl von Repetierfaktorarten und -sorten im Instandhaltungsbereich[17o] ist eine wichtige Voraussetzung für die Planung des (Verbrauchs-)Bedarfs dieser Produktionsfaktoren zunächst deren Erfassung[171]. Hierzu ist es zweckmäßig, die verschiedenen Repetierfaktorarten nach unterschiedlichen Kriterien zu gruppieren, wie etwa nach der Materialart, nach Abmessungen, nach Viskositätsklassen (bei Ölen) und anderen Merkmalen, und dann durch ein numerisches oder alphanumerisches Schlüsselsystem zu kodieren, worauf hier im einzelnen nicht weiter eingegangen werden muß[172].

Im Anschluß an diese Erfassung der einzelnen Repetierfaktoren ist die eigentliche Planung des Materialbedarfs in art- und mengenmäßiger sowie zeitlicher Sicht vorzunehmen. Hierzu bietet es sich an, wiederum - wie schon bei der Planung des Potentialfaktorbedarfs - eine Bedarfsrechnung (vgl. auch Abb. 6.9) als Basis zu verwenden[173]. Dazu wird folgende (vertikale[174]) Untergliederung in für die Bedarfsplanung wichtige Kategorien von

---

17o) Vgl. hierzu die Angaben in Fußnote 118 auf S. 435. Auf die Erschwerung der Bedarfsplanung aufgrund der Sortenvielfalt verweist auch GEBHARDT, Dieter: Planung des Instandhaltungsmaterials, S. 243.

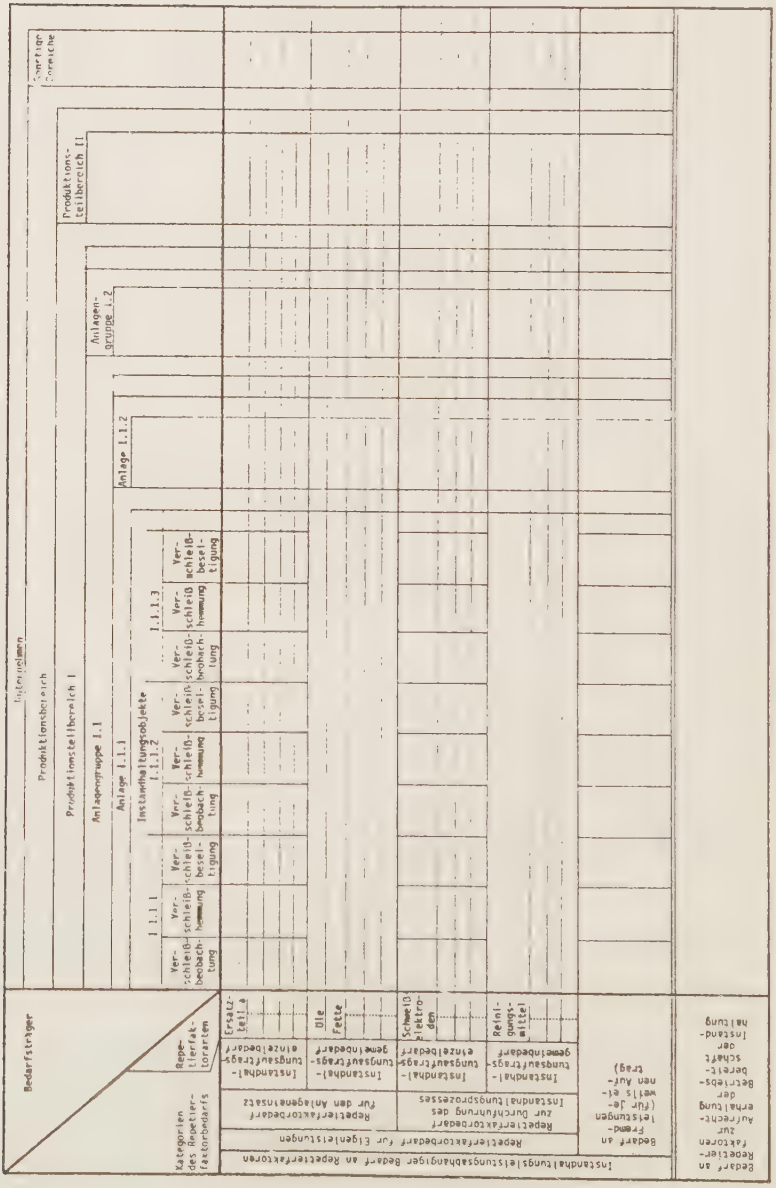
171) Dies betonen ähnlich auch REDEKER, G.: Bestimmung des optimalen Lagerbestandes, S. 14; GROTHUS, H.: Instandhaltungs-Läger, S. 13; BÖKELMANN, M.: Reserveteile, S. 84; RENKES, D.: Reserveteilwirtschaft, S. 9o.

172) Vgl. hierzu etwa BÖKELMANN, M.: Reserveteile, S. 84-9o und S. 1o1-1o3; GROTHUS, H.: Instandhaltungs-Läger, S. 13-24; REDEKER, G.: Bestimmung des optimalen Lagerbestandes, S. 14-27; GÜRMANN, K. - SCHREIBER, K.: Ersatzteilvorratsplanung, S. 334. Allgemein zu diesem Problemkreis vgl. etwa GROCHLA, E.: Grundlagen der Materialwirtschaft, S. 35-37 und die dort angegebene Literatur.

173) Wegen der Vielzahl der Arten und Sorten von Repetierfaktoren wird diese Bedarfsgrundrechnung zweckmäßigerweise computergestützt erstellt.

174) Die horizontale Untergliederung der Bedarfsgrundrechnung (nach den Bedarfsträgern) ist mit der für die Planung des Potentialfaktors identisch, so daß beide zu einer Bedarfsgrundrechnung für die Produktionsfaktoren der Instandhaltung zusammengefaßt werden können.

Abb. 6.9: Schematische Darstellung des Aufbaus einer Bedarfsgrundrechnung für die Repetierfaktoren der Instandhaltung



Repetierfaktoren vorgeschlagen: Als erste Einteilung wird hier unterschieden zwischen dem leistungsabhängigen Bedarf an Repetierfaktoren und dem Bedarf an Repetierfaktoren zur Aufrechterhaltung der Betriebsbereitschaft der Instandhaltung; zu den letzteren zählen beispielsweise Büromaterial zur Erfassung und Bestandsführung des Lagermaterials und dergl. Der instandhaltungsleistungsabhängige Bedarf an Repetierfaktoren ist dann weiter zu differenzieren in den Bedarf für die Ausführung von Eigeninstandhaltungsleistungen einerseits und den Bedarf an kurzfristig für einzelne Instandhaltungsleistungen in Anspruch zu nehmenden Fremdleistungen andererseits. Zum zweiten werden die - für die Eigeninstandhaltung benötigten - Repetierfaktoren nach ihrem Einsatz- oder Verwendungszweck differenziert in solche, die für den Einsatz in der instandzuhaltenden Anlage (z. B. Ersatzteile) und solche, die zur Durchführung des Instandhaltungsprozesses selbst (z. B. Reinigungsmaterial) bestimmt sind. Schließlich wird innerhalb dieser beiden Kategorien eine Einteilung danach vorgenommen, ob der Verbrauch an den betreffenden Repetierfaktoren für eine einzelne Instandhaltungsleistung überhaupt bzw. wirtschaftlich erfaßt werden kann[175]. Nicht erfassen wird man etwa den Treibstoffverbrauch eines Fahrzeugs, in geringen Mengen benötigte Reinigungsmittel und Schmierstoffe, Büromaterial (z. B. Auftragsformulare), den Verbrauch von Schweißelektroden usw. Demgegenüber kann diese Differenzierung im Rahmen der Planung des Verbrauchsbedarfs etwa für eine Gruppe von Instandhaltungsobjekten oder Anlagen durchaus möglich und zweckmäßig sein.

Für die Ermittlung bzw. Prognose der Verbrauchsbedarfsmenge an den einzelnen Repetierfaktorarten können grundsätzlich zwei unterschiedliche Vorgehensweisen zum Einsatz kommen. Zum einen kann man sich unmittelbar an den

---

175) Der für einen einzelnen Auftrag (wirtschaftlich) erfaßbare Bedarf an Repetierfaktoren wird hier (in Anlehnung an REHWINKEL, G.: Erfolgsorientierte Reihenfolgeplanung, S. 134-137) als Auftragseinzelbedarf bezeichnet, der nicht (wirtschaftlich) erfaßbare als Auftragsgemeinbedarf.

in der Planperiode auszuführenden Instandhaltungsleistungen orientieren. Zum anderen kann man der Bedarfsplanung den Verbrauch aus einer oder mehreren Perioden der Vergangenheit zugrundelegen und diesen (auf unterschiedliche Weise) in die Planperiode extrapolieren[176].

Wird die letztere Methode angewandt, so können dazu mathematisch-statistische Verfahren oder auf Kennzahlen abstellende Verfahren herangezogen werden[177]. Als Kennzahlen werden dabei etwa der Wert der verbrauchten Repetierfaktoren im Verhältnis zu dem des Produktionsvolumens oder des Anlagenbestandes vorgeschlagen[178]. Andere Kennzahlen berücksichtigen die Einflußgröße des Repetierfaktorbedarfs (und hier insbesondere des Ersatzteilbedarfs) stärker, indem sie sich etwa an Zahl und Alter der Anlagen und deren periodenbezogenem Ersatzteilverbrauch orientieren[179]. Mathematisch-statistische Verfahren nehmen auf die Einflußgrößen des Bedarfs nur in bestimmten Varianten Bezug, wie etwa bei verschiedenen Formen der Regressionsanalyse, während ansonsten die Verbräuche der Vergangenheit mittels der exponentiellen Glättung (1. oder 2. Ordnung), der Trendextrapolation und ähnlicher Methoden auf die Planperiode hochgerechnet werden[180].

Legt man der Planung des Verbrauchsbedarfs demgegenüber das in der Planperiode auszuführende Leistungsprogamm zugrunde, hat man einerseits den Bedarf an Repetierfakto-

---

176) Die Unterscheidung in die programm- oder leistungs- bzw. auftragsorientierte und verbrauchsorientierte Bedarfsplanung treffen etwa auch GROTHUS, H.: Instandhaltungs-Läger, S. 55f. und allgemein beispielsweise GROCHLA, E.: Grundlagen der Materialwirtschaft, S. 4o-42.

177) Vgl. hierzu BÖKELMANN, M.: Reserveteile, S. 139-141.

178) Vgl. so z. B. GEBHARDT, D.: Planung des Instandhaltungsmaterials, S. 243-245.

179) Vgl. dazu etwa REICHEL, K.: Die Bedarfsermittlung von Ersatzteilen, in: Der Maschinenbau, 15. Jg. (1966), Heft 12, S. 599-6o5, hier insbes. S. 599-6o2.

18o) Vgl. zu diesem Verfahren beispielsweise SCHELO, S.J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 285-289. Vgl. allgemein hierzu auch GROCHLA, E.: Grundlagen der Materialwirtschaft, S. 61-69 und die dort angegebene Literatur.

ren für eine einzelne Leistung[181] und andererseits die Zahl der Leistungen einer Art zu ermitteln bzw. zu prognostizieren.

In der Literatur geht man bei der Bedarfsmenge überwiegend davon aus, daß der Bedarf für eine einzelne Leistungs(art) festgelegt und in der Planperiode nur (bezüglich des Zeitpunktes) ungeplante Leistungen zu erbringen sind. Unter diesen Voraussetzungen wird dann der Repetierfaktorbedarf über die Prognose der Zahl der Instandhaltungsleistungen aufgrund als bekannt unterstellter Ausfallverteilungen ermittelt. So sind Verfahren entwickelt worden, die den Ersatzteilbedarf - auf diese Repetierfaktoren beschränken sich die Ansätze in der Literatur zumeist - etwa für den Fall der Gültigkeit von Normalverteilungen[182], Poissonverteilungen[183] und Exponentialverteilungen[184] prognostizieren[185].

Sofern die Ausfallverteilung eines Instandhaltungsobjektes nicht bekannt oder die Gültigkeit des Gesetzes der großen Zahl[186] nicht gesichert ist, bleibt als Grundlage der Bedarfsprognose dann nur die Durchführung subjektiver Schätzungen, etwa in Form eines Fragebogens, an

---

181) Vgl. hierzu den Abschnitt B II. dieses Kapitels.

182) Vgl. so z. B. STEEN, G. v. D.: Ein Verfahren zur Ermittlung der optimalen Ersatzteilbestellungen bei neu einzuführenden Aggregaten, in: Ablauf- und Planungsforschung, 9. Jg. (1968), Heft 2, S. 121-136, hier insbes. S. 131-135.

183) Vgl. so z. B. WAHI, Pran N.: Provisioning of Spares and Service Channels When a Fixed Number of Machines Run a System, in: The Journal of Industrial Engineering, Vol. 17 (1966), No. 2., S. 112-115; BECKMANN, Martin J.: An Inventory Policy For Repair Parts, in: Naval Research Logistic Quarterly, Vol. 6 (1959), S. 2o9-22o.

184) Vgl. z. B. FALKNER, Charles H.: Optimal Spares for Stochastically Failing Equipment, in: Naval Research Logistic Quarterly, Vol. 16 (1969), S. 287-295.

185) Vgl. zu mathematisch-statistischen Ansätzen insgesamt vor allem HARTMANN, Karl: Optimale Ersatzteilbemessung, Diss. St. Gallen 1977 und die dort angegebene Literatur.

186) Die Notwendigkeit der Gültigkeit dieses Gesetzes betont z. B. auch GROCHLA, E.: Grundlagen der Materialwirtschaft, S. 41.

dessen Ausfüllung mehrere Stellen (wie vor allem die Produktionsabteilung, die Lagerabteilung, die Instandhaltungsabteilung, die Einkaufsabteilung) beteiligt werden[187].

Wird demgegenüber eine geplante Instandhaltung berücksichtigt, so kann man sich bei der Bedarfsplanung für die entsprechenden Leistungen unmittelbar am Instandhaltungsprogramm und am Ablaufplan der Instandhaltung orientieren. Allerdings bedeutet dies nicht, daß damit generell eine (quasi) deterministische Bedarfsermittlung erreicht wird, wie dies in den vergleichweise geringen Hinweisen in der Literatur zumeist zum Ausdruck gebracht wird[188]. Denn dann müßte die Zahl der geplanten Instandhaltungsleistungen eindeutig ermittelbar sein. Dies gilt jedoch nur für die streng periodische Kalenderzeitpolitik bzw. - sofern die Belegungszeiten der instandzuhaltenden Anlagen in der Planperiode eindeutig festgelegt sind - auch für die streng periodische Betriebszeitpolitik. Ansonsten ist nur für vergleichsweise kurze Zeiträume eine detaillierte Ermittlung des mengenmäßigen Bedarfs und seiner zeitlichen Struktur möglich[189]. Generell gilt zudem - wie auch schon für die Potentialfaktorbedarfsermittlung - daß sich die Bedarfsplanung im Hinblick auf ihre Sicherheit und Genauigkeit, die wiederum von der Länge der Planperiode abhängen, an der Instandhaltungsprogramm- und -ablaufplanung orientieren muß.

Welches dieser Verfahren bei der Planung des mengenmässigen Verbrauchsbedarfs anzuwenden ist, hängt von mehreren Einflußgrößen ab.

---

187) Vgl. zu diesem Verfahren GROTHUS, H.: Instandhaltungs-Läger, S. 73-77; HUG, Werner: Grundfragen einer erfolgsorientierten Reserveteilwirtschaft (Veröffentlichung in Vorbereitung).

188) Vgl. so etwa SCHELO, S. J.: Integrierte Instandhaltungsplanung, S. 275; GEBHARDT, D.: Planung des Instandhaltungsmaterials, S. 245f.; BRAHY, P.: Bewirtschaftung von Ersatzteilen, S. 24.

189) Vgl. hierzu ausführlich den Abschnitt B I. des vierten Kapitels dieser Arbeit.

Sofern eine geplante Instandhaltung nicht existiert und auch die Ausfallverteilungen unbekannt sind, ist nur eine, die Vergangenheit (korrigiert) fortschreibende verbrauchsorientierte Bedarfsprognose möglich. Dies gilt jedoch wegen des Fehlens aussagefähiger Vergangenheitsdaten nicht für solche Repetierfaktoren, an denen ein Verbrauch erfahrungsgemäß nur sehr selten besteht und die außerdem zumeist hohe Instandhaltungskosten (Beschaffungsobjekt-, Beschaffungsprozeß- und Lagerhaltungskosten) sowie bei ihrer Nichtverfügbarkeit hohe Verschleißwirkungen (je Zeiteinheit) verursachen. Dabei beansprucht zusätzlich die Bereitstellung solcher Repetierfaktoren oft erhebliche Zeit, die bei Bereitstellung der Ersatzteile erst nach einem Ausfall beträchtliche Verschleißwirkungen hervorrufen kann. Über deren Verbrauchsbedarf sind subjektive Schätzungen insbesondere über den Verbrauchszeitpunkt abzugeben. Erschwerend wirkt, daß solche Repetierfaktoren der Instandhaltung oftmals nur einmal während sehr langer Zeiträume (z. B. zehn Jahre) benötigt werden[19o)]. In solchen Fällen können die Schätzungen allerdings - möglicherweise - je nach Art der wichtigsten Verschleißursachen - durch zusätzliche Inspektionen sukzessive (von Periode zu Periode) revidiert werden.

Eine möglichst genaue Verbrauchsbedarfsprognose ist auch für jene (vor allem nur sporadisch benötigten) Repetierfaktoren wichtig, die zwar nur relativ niedrige Verschleißwirkungen je Zeiteinheit ihrer Nichtverfügbarkeit verursachen, deren Bereitstellung aber vergleichsweise lange Zeit in Anspruch nimmt und dennoch aufgrund hoher Beschaffungs- und Lagerhaltungskosten nicht gelagert werden sollen. Für die Repetierfaktoren, an denen erfahrungsgemäß ein relativ hoher und regelmäßig auftretender Bedarf besteht, ist die Verbrauchsbedarfsermittlung insbesondere deshalb von Bedeutung, weil diese - sofern die betreffenden bevorratet werden sollen - eine wesentliche Grundlage für die Ermittlung wirtschaftlicher Bestellmengen und Be-

---

19o) HUG (W.: Grundfragen einer erfolgsorientierten Reserveteilwirtschaft) weist dies nach.

reitstellungsstrategien ist. Das anzuwendende Verfahren richtet sich dabei vor allem nach der Erfaßbarkeit dieser Repetierfaktoren für die einzelnen Leistungen und der Art dieser Produktionsfaktoren. So ist etwa für die Repetierfaktoren, deren Verbrauch für einzelne Leistungen nicht (wirtschaftlich) erfaßbar ist, eine verbrauchsorientierte Prognose zu wählen, wobei allerdings - in der Bedarfsgrundrechnung - zu berücksichtigen ist, daß die betreffenden Repetierfaktoren möglicherweise nur für eine bestimmte Gruppe von Instandhaltungsobjekten oder Anlagen benötigt werden.

Die Repetierfaktorverbräuche, die für einzelne Leistungen erfaßt werden, aber nicht für den Einsatz in der instandzuhaltenden Anlage (z. B. Treibstoffe für die Transportfahrzeuge) bestimmt sind, lassen sich mit einer Verbrauchsprognose aufgrund von Ausfallverteilungen und subjektiven Schätzungen kaum ermitteln, da der Verbrauch an diesen Repetierfaktoren zum großen Teil von der kurzfristigen Ablaufplanung abhängt. Daher können allenfalls Durchschnittswerte für den Verbrauch je Leistung unterstellt werden. Da diese Repetierfaktoren vielfach jedoch einen vergleichsweise geringen Wert haben werden und auch bei ihrer Nichtverfügbarkeit - aufgrund der größeren Substitutionsmöglichkeiten - zumeist keine oder nur geringe Verschleißwirkungen entstehen, wird für diese Produktionsfaktoren ebenfalls eine verbrauchsorientierte Bedarfsplanung genügen.

Ist so der mengenmäßige Verbrauchsbedarf an den einzelnen Repetierfaktoren ermittelt, prognostiziert oder geschätzt, hat man als weitere Aufgabe der Verbrauchsplanung vor allem zu untersuchen, ob und gegebenenfalls inwieweit das sich für die Gesamtheit der Repetierfaktoren ergebende Bedarfssortiment zu verändern ist. Angesichts der bereits angesprochenen vielfältigen Arten von Repetierfaktoren wird man insbesondere versuchen, die Breite des Bedarfssortiments zu verringern, um so die erforderlichen Beschaffungs- und Lagerkapazitäten zu senken oder günstigere Beschaffungsmengen realisieren zu können und ähnliche Vor-

teile zu erzielen. Zur Reduzierung der Arten des Bedarfsmaterials können die bei der Bedarfsermittlung für einzelne Instandhaltungsleistungen herausgearbeiteten Anforderungen an die Repetierfaktoren und der Vergleich mit ihren jeweiligen Eigenschaften dienen. In besonderem Maße wird man anhand einer solchen Analyse auch Substitutionsmöglichkeiten bei den Repetierfaktoren erkennen[191], die zur Durchführung des Instandhaltungsprozesses bestimmt sind. Allerdings kann dies auch auf für den Anlageneinsatz benötigte Repetierfaktoren - so etwa für Schmiermittel[192] - zutreffen. Für diese Repetierfaktoren bestehen der Tendenz nach jedoch wichtigere Möglichkeiten zur Reduzierung des Bedarfssortiments in einer Normung der Anlagenelemente selbst und in Maßnahmen, die bei der Konstruktion und Materialwahl für die Anlagenherstellung etwa das Baukastensystem ermöglichen[193].

Die Planung (Optimierung) des Sortiments an Repetierfaktoren, die sich auf die für die Eigeninstandhaltung benötigten Faktoren beschränken, ist zweckmäßigerweise erst im Anschluß an die mengenmäßige Verbrauchsbedarfsermittlung vorzunehmen[194]. Dies ist damit zu begründen, daß sich auch aus der Mengenplanung Rückschlüsse auf eine Verringerung der Sorten einer Repetierfaktorart ziehen lassen. So wird man etwa bemüht sein, eine Materialsorte, die nur in geringer Menge benötigt wird, möglichst durch eine andere mit umfangreicherem Bedarf zu ersetzen, um

---

191) Vgl. hierzu den Abschnitt B II. dieses Kapitels.

192) Als Beispiel hierzu erwähnt WARNECKE (H. J.: Instandhaltungsgerechte Konstruktion, S. 8) eine Kostensenkung im Schmierstoffsektor bei der Deutschen Bundespost um 0,5 Mio. DM pro Jahr durch eine Reduzierung der Zahl der Schmierstoffsorten.

193) Vgl. so auch REDEKER, G.: Bestimmung des optimalen Lagerbestandes, S. 42f.; BÖKELMANN, M.: Reserveteile, S. 136f,; GEBHARDT, D.: Planung des Instandhaltungsmaterials, S. 241.

194) Demgegenüber ist GROCHLA (E.: Grundlagen der Materialwirtschaft, S. 37-4o, insbes. S. 37) der Ansicht, daß die Optimierung des Bedarfssortiments unmittelbar im Anschluß an die Erfassung der Repetierfaktoren und vor der Mengenbedarfsplanung durchzuführen sei.

so günstigere Bestellmengen realisieren zu können. Allerdings können sich umgekehrt auch aus einer der Mengenplanung vorgelagerten Sortimentsplanung Rückwirkungen ergeben, so daß im Grunde beide simultan zu planen sind.

2. Planung des Vorrats- und Bereitstellungsbedarfs

Im Rahmen der Vorratsbedarfsplanung ist zunächst vor allem festzulegen, welche Repetierfaktoren im Lager vorrätig gehalten werden sollen.

Erfolgt die Planung des Verbrauchsbedarfs in der Planperiode unter Bezugnahme auf die (effektiven) Verbräuche der letzten Periode(n), werden die einzelnen (Verbrauchs-)-Bedarfszeitpunkte nicht detailliert geplant, sondern nur die für die gesamte Planperiode oder allenfalls für Teilperioden zu erwartenden Verbrauchsmengen. Wird diese Verbrauchsprognose nur deshalb angewendet, weil keine detaillierteren Informationen über die mengenmäßig-zeitliche Struktur des Bedarfs an den betreffenden, vornehmlich für den Einsatz in der instandzuhaltenden Anlage bestimmten Verbrauchsfaktoren vorliegen, ist eine Vorratshaltung deshalb zu planen, weil nur so die Unsicherheiten der Verbrauchsbedarfsprognose aufgefangen werden können. Damit erfüllt ein entsprechender Vorrat die Funktion eines Sicherheitsbestandes[195]. Ob und in welchem Umfang in diesem Fall ein Vorratsbedarf festzulegen ist, hängt davon ab, welche Verschleißwirkungen bei Nichtverfügbar-

---

195) Vgl. zu den Gründen für die Notwendigkeit der Einplanung eines Sicherheitsbestandes z. B. GROCHLA, E.: Grundlagen der Materialwirtschaft, S. 112-116; REICHMANN, T.: Wirtschaftliche Vorratshaltung, S. 567; GÜRMANN, Klaus - SCHREIBER, Karl: Die Ersatzteildisposition für Erzeugnisse der Massen- und Serienfertigung auf der Grundlage von Signalvorratsgrößen, in: Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Ökonomie, 13. Jg. (1968), Heft 2, S. 139-147, hier S. 143. Zur Ermittlung des Sicherheitsbestandes vgl. SAUERMANN, Michael: Zum Problem des Sicherheitsbestandes im Lagerbereich der Unternehmung, Diss. Frankfurt 197o; GROCHLA, E.: Grundlagen der Materialwirtschaft, S. 116-127.

keit der betreffenden Repetierfaktoren im Bedarfsfall (während der Bereitstellungsdauer) in Kauf zu nehmen sind und welche zusätzlichen Instandhaltungskosten durch die Vorratshaltung[196] verursacht werden[197]. Sofern dann ein Vorratsbedarf entsteht, resultiert dieser somit aus der Unsicherheit der Verbrauchsbedarfsprognose und der Absicht, die aus Fehlmengen oder "Über"beständen resultierenden erfolgswirtschaftlich nachteiligen Konsequenzen möglichst niedrig zu halten.

Wird demgegenüber die verbrauchsorientierte Bedarfsplanung angewandt, weil diese aufgrund des geringen Wertes der betreffenden Repetierfaktoren und mit deren Nichtverfügbarkeit nur in sehr geringem Umfang in Kauf zu nehmender Verschleißwirkungen die wirtschaftlichere Prognosemethode ist, verändert sich die Zielsetzung bei der Vorratsbedarfsplanung. Denn dann strebt man insbesondere danach, wirtschaftliche Beschaffungsmengen zu realisieren. Hierzu sind vor allem die Vorteile einer selteneren Durchführung der Beschaffungsprozesse (niedrigere periodenbezogene Leistungskosten der Beschaffung selbst) und der größeren Beschaffungsmenge (niedrigere Beschaffungsobjektkosten aufgrund von Mengenrabatten[198], niedrigere Transportkosten[199] usw.) mit den wirtschaftlichen Nach-

---

196) Zu den durch die Vorratshaltung verursachten (Lagerhaltungs-)Kosten vgl. etwa GROCHLA, E.: Grundlagen der Materialwirtschaft, S. 75-79 und REHWINKEL, G.: Erfolgsorientierte Reihenfolgeplanung, S. 11o-118 und S. 185-19o sowie die dort jeweils angegebene Literatur.

197) Demgegenüber benutzt GÖTZFRIED (F.: Wirtschaftliche Fabrikinstandhaltung, S. 411f.) allein die Verbrauchsbedarfshäufigkeit als Kriterium für die Entscheidung, ob ein Repetierfaktor auf Lager zu nehmen ist oder nicht.

198) Die Bedeutung von Mengenrabatten sollte nicht unterschätzt werden, wenngleich diese für die Instandhaltungs-Repetierfaktoren wohl nur in Ausnahmefällen eine Größenordnung von bis zu 5o Prozent erreichen, wie dies für sehr große Bedarfsmengen für die Produktion anzutreffen ist; vgl. zu letzterem REICHMANN, Thomas: Wirtschaftliche Vorratshaltung, eine gemeinsame Aufgabe für Einkauf, Materialwirtschaft und Betriebsleitung, in: ZfB, 48. Jg. (1978), Nr. 7, S. 565-578, hier S. 573.

199) Vgl. hierzu und zu anderen beschaffungsabhängigen Kosten GROCHLA, E.: Grundlagen der Materialwirtschaft, S. 73-75 und die dort angeführten Quellen.

teilen der Lagerung dieser Güter zu vergleichen[200].

Für die Repetierfaktoren, deren Verbrauchsbedarf aufgrund der für die Planperiode erwarteten Instandhaltungsleistungen pronostiziert bzw. ermittelt wird, gelten die letzten Ausführugnen grundsätzlich ebenfalls.

Nimmt die Bedarfsmenge demgegenüber ab und steigen gleichzeitig die Beschaffungs- und insbesondere wertabhängigen Lagerhaltungskosten sowie die im Fall der Nichtverfügbarkeit in Kauf zu nehmenden Verschleißwirkungen, hat man die Planung des Vorratsbedarfs insbesondere von zwei Faktoren abhängig zu gestalten. Ist der Verbrauchsbedarf anhand der bereits (weitgehend) festliegenden Planung des Instandhaltungsprogramms und -ablaufs ermittelt und ist die rechtzeitige Beschaffung (etwa durch Abschluß eines Sukzessivlieferungsvertrages[201]) sichergestellt, wird man auf eine Vorratshaltung verzichten. Kann der Verbrauchsbedarf nur anhand von Informationen über die Ausfallverteilungen geschätzt werden und dauert zusätzlich die Bereitstellung der betreffenden Repetierfaktoren jedoch vergleichsweise lange, ist durch eine Wirtschaftlichkeitsrechnung zu klären, ob diese Güter etwa zum Zeitpunkt des frühestmöglichen Ausfalls auf Lager zu nehmen sind oder wie weit man damit anderenfalls in den Streubereich der Lebensdauer hineingehen soll. Gemildert wird dieses Problem dann, wenn die betreffenden Güter für mehrere der instandzuhaltenden Anlagen verwendet werden können. Zur Sicherung gegen die nachteiligen Konsequenzen ungeplant eintretender Bedarfsfälle besteht zusätzlich auch die Möglichkeit, etwa innerhalb eines Konzerns ein Zentrallager oder sogar für mehrere verschiedene Unternehmen ein gemeinsames Lager zu errichten[202]

---

200) Auf die Bestimmungsfaktoren der Vorratshöhe geht ausführlich - allerdings ohne dabei eine geplante Instandhaltung zu berücksichtigen - KALTHEGENER (B.: Ersatzteilwirtschaft, S. 94-106) ein.

201) Vgl. hierzu GROCHLA, E.: Grundlagen der Materialwirtschaft, S. 24f.

202) Vgl. so auch BAIER, M.: Organisation einer bedarfs-

Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

oder diese Teile beim Hersteller lagern zu lassen[2o3)].

Der problematischste Fall tritt dann auf, wenn der Verbrauchsbedarf nur anhand von subjektiven Schätzungen prognostiziert werden kann, weil die Bedarfshäufigkeit sehr gering ist, das betreffende Teil aber einen sehr hohen Wert hat und seine Nichtverfügbarkeit sehr hohe Verschleißwirkungen nach sich ziehen würde. Dann muß man vor allem auch die unterschiedlichen Bereitstellungsmöglichkeiten herausarbeiten und deren erfolgswirtschaftliche Konsequenzen miteinander vergleichen[2o4)], worauf hier nicht weiter eingegangen wird.

Die Planung des Bereitstellungsbedarfs richtet sich nun, wie schon angedeutet, nach der Verbrauchs- und Vorratsbedarfsplanung - unter Berücksichtigung eines gegebenenfalls noch vorhandenen Lagerbestandes. Aufgabe der Bereitstellungsbedarfsplanung ist es insbesondere, wirtschaftliche Beschaffungsmengen festzulegen und geeignete Strategien zur Ergänzung des Lagervorrates zu entwickeln[2o5)]. An die Planung des Bereitstellungsbedarfs

---

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
gerechten und rationellen Ersatzteilversorgung, in: Der Maschinenbau, 16. Jg. (1967), Heft 7, S. 222-227, hier S. 226; SIEBERT, W.: Komplexe Planung, zentrale Lagerung und Belieferung von Verschleiß- und Ersatzteilen, in: Bergbautechnik, 17. Jg. (1967), Heft 11, S. 6o5-6o7; DREGER (Wolfgang: Material- und Informationsprobleme bei der Instandhaltungspolitik, in: Maschinenmarkt, 8o. Jg. (1974), Heft 16, S. 249-252, hier S. 249) nennt als Beispiel Luftverkehrsgesellschaften, die an internationalen Knotenpunkten des Luftverkehrs einen Pool etwa an Düsentriebwerken bilden, die im Bedarfsfall für alle Gesellschaften verfügbar sind.

2o3) SCHMIDT, Günter: Ersatzteilhaltung beim Hersteller verspricht viele Vorteile, in: Die Wirtschaft, 22. Jg. (1967), Heft 5, S. 14.

2o4) Vgl. hierzu insbesondere auch HUG, W.: Grundfragen einer erfolgsorientierten Reserveteilwirtschaft.

2o5) Vgl. zu den Bereitstellungsstrategien etwa BUSSE VON COLBE, Walther - NIGGEMANN, Walter: Bereitstellungsplanung - Einkaufs- und Lagerpolitik, in: Industriebetriebslehre in programmierter Form, Bd. II, hrsg. von Herbert JACOB, Wiesbaden 1972, S. 265-328; Fortsetzung der Fußnote auf der Folgeseite.

schließt sich dann die Planung der Bereitstellung selbst an, auf deren Behandlung hier jedoch verzichtet wird.

Fortsetzung der Fußnote von der Vorseite:
FÄSSLER, Klaus - KUPSCH, Peter Uwe: Beschaffungs- und Lagerwirtschaft, in: Industriebetriebslehre, hrsg. von Edmund HEINEN, 6. Aufl., Wiesbaden 1978, S. 219-279.

Siebtes Kapitel
Planung des Wertgerüstes der Instandhaltungskosten

A Die Bewertung des Mengengerüstes als letzter Schritt der bedarfsorientierten Instandhaltungskostenplanung

Grundsätzlich erfordert die Planung der Instandhaltungskosten sowohl die Planung des Mengengerüstes - des Verbrauchs- und Einsatzbedarfs an Produktionsfaktoren der Instandhaltung - als auch die Planung des Wertgerüstes[1]. "Eine theoretische Analyse der Bestimmungsfaktoren der Kosten eines Betriebes darf sich nicht auf die Erklärung des 'Mengengerüsts' der Kosten beschränken. Sie hat sich auch mit der Frage zu befassen, mit welchen Kostenwerten die Verzehrmengen zu bewerten sind. Die Produktionstheorie muß daher durch eine Theorie der Kostenwerte ergänzt werden."[2] Erforderlich wird die Bewertung insbesondere während zweier "Phasen" der Kostenplanung.

Zum einen setzt schon die Planung des Mengengerüstes der Instandhaltungskosten zwingend die Beachtung des Wertes der Produktionsfaktoren voraus, da diese nur so in die jeweils günstigste Verwendung gelenkt werden können[3]. Um diese überaus wichtige Lenkungs- oder Gestaltungsfunktion erfüllen zu können, sind daher die für die Produktionsfaktoren der Instandhaltung jeweils relevanten Wertansätze schon in die Planung des Bedarfs an Produktionsfaktoren der Instandhaltung und der dieser zugrundeliegenden Planung des Bedarfs an Instandhaltungsleistungen ein-

---

1) Entsprechend bezeichnet ADAM (Dietrich: Entscheidungsorientierte Kostenbewertung, Wiesbaden 1970, S. 18f.) das Mengengerüst der Kosten und den Wert der Produktionsfaktoren als die beiden generellen Begriffselemente der Kosten.
2) HEINEN, E.: Betriebswirtschaftliche Kostenlehre, S. 309.
3) Vgl. so auch DELLMANN, Klaus: Zum Stand der betriebswirtschaftlichen Theorie der Kostenrechnung, in: ZfB, 49. Jg. (1979), Nr. 4, S. 319-332, hier S. 326; ADAM, D. Entscheidungsorientierte Kostenbewertung, S. 25; HEINEN, E.: Betriebswirtschaftliche Kostenlehre, S. 311

zubeziehen, wie dies in der vorliegenden Arbeit wiederholt aufgezeigt wurde[4].

Zum anderen erfordert die Planung des Wertgerüstes des bereits optimal festgelegten Mengengerüstes der Instandhaltungskosten die explizite Beachtung des Wertes der Produktionsfaktoren. Damit übernimmt die Bewertung zunächst eine - für die Erfassung geplanter Kostengrößen - wichtige Verrechnungsfunktion, da auf diesem Wege dimensionsverschiedene Verzehrsmengen heterogener Produktionsfaktoren gleichnamig und damit aggregierbar gemacht werden. Darüber hinaus sind die sorgfältige Analyse und Planung des Wertgerüstes der Instandhaltungskosten von maßgeblicher Bedeutung für die Erklärung und Berücksichtigung der Abhängigkeiten der Kosten und damit schließlich für deren Planung und Kontrolle.

Aus diesen beiden unterschiedlichen Phasen der Kostenplanung und der damit verbundenen differenzierten Zwecksetzung bzw. Aufgabenstellung der Bewertung leiten sich auch voneinander abweichende Bewertungsansätze ab.

Da mit der Planung des Mengengerüstes der Instandhaltungskosten die hinsichtlich der Zielsetzung optimale Verwendung der Produktionsfaktoren erreicht werden soll, sind die Wertansätze grundsätzlich entscheidungsorientiert zu wählen[5]. Dies bedeutet, daß in den Wertansatz nicht nur die durch die zu treffende Entscheidung zusätzlich ausgelösten Ausgaben sondern auch die bei Einsatz des betreffenden Produktionsfaktors in einer anderweitigen (als der betrachteten) Verwendung erzielbaren (zielbezogenen) Vorteile (wie etwa die durch den unterschiedlichen Einsatz der Produktionsfaktoren für alternative Reihenfolgen der Bearbeitung von Instandhaltungsaufträgen voneinander abweichenden ökonomisch nachteiligen Verschleißwirkungen) einzubeziehen sind. Andererseits sind in Wirtschaftlich-

4) Vgl. hierzu insbesondere die Ausführungen im vierten, fünften und sechsten Kapitel dieser Arbeit.
5) Vgl. so HEINEN, E.: Betriebswirtschaftliche Kostenlehre, S. 486.

keits- und speziellen Entscheidungsrechnungen vielfach nicht die gesamten durch die zur Wahl stehenden Alternativen ausgelösten zusätzlichen Ausgaben und gegebenenfalls weitere erfolgswirtschaftliche Komponenten zu berücksichtigen, sondern nur die Elemente, in denen sich die Alternativen unterscheiden. So sind etwa im Rahmen von Verfahrenswahlentscheidungen bei vollbeschäftigten eigenen Instandhaltungskapazitäten nur die engpaßbezogenen Mehrkosten der Fremdinstandhaltung, nicht dagegen die gesamten Fremdleistungskosten relevant.

Für die Planung des Wertgerüstes sind demgegenüber - zur Ermittlung der zu erwartenden Instandhaltungskosten - die gesamten, durch die im Rahmen der optimalen Festlegung des Mengengerüstes getroffenen Entscheidungen ausgelösten zusätzlichen Ausgaben zu planen[6], man darf sich dann also nicht auf einzelne Kostenbestandteile beschränken. Da die Entscheidungen über die Verwendung der Produktionsfaktoren bereits getroffen sind, sind folglich auch keine bei einem anderweitigen Einsatz der Produktionsfaktoren erzielbaren Vorteile mehr zu berücksichtigen[7].

Im folgenden sollen nun die für die Erstellung des Wertgerüstes zu beachtenden Grundsätze und deren Anwendung auf die Bewertung des Verbrauchs einzelner Produktionsfaktoren exemplarisch dargestellt werden. Zuvor wird die mangelnde Eignung der Vollkostenrechnung zur Erfüllung dieses Zwecks kurz begründet.

---

6) Vgl. zu diesem Kostenbegriff RIEBEL, Paul: Überlegungen zur Formulierung eines entscheidungsorientierten Kostenbegriffs, in: Quantitative Ansätze in der Betriebswirtschaftslehre, hrsg. von Heiner MÜLLER-MERBACH, Bericht von der wissenschaftlichen Tagung des Verbandes der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e. V. vom 1. bis 3. Juni 1977 in Darmstadt, München 1978, S. 127-146, hier S. 143.

7) Demzufolge sind die vielfach als Opportunitätskosten bezeichneten, in bestimmten Entscheidungssituationen zu berücksichtigenden Erfolgskomponenten nicht aufzunehmen.

B Mangelnde Eignung der Vollkostenrechnung zur Bewertung des Mengengerüstes der Instandhaltungskosten

Mit der Vollkostenrechnung verfolgt man (traditionell bedingt) die Überwälzung der gesamten (vollen) Kosten auf die Kostenträger[8]. Auf den Instandhaltungsbereich bezogen bedeutet dies, daß die gesamten Instandhaltungskosten auf die Instandhaltungsleistungen bzw. -aufträge zu verrechnen sind. Eine solche Verrechnung kann sachgerecht jedoch nur für einen Teil der Instandhaltungskosten - für die mit Art und Zahl der auszuführenden Aufträge unmittelbar variierenden, für diese zusätzlich anfallenden (Einzel-)Kosten der betreffenden Leistungen - erfolgen[9]. Die Weiterwälzung aller anderen Kosten auf die einzelnen Instandhaltungsaufträge bedeutet dagegen eine Schlüsselung von (Instandhaltungsauftrags-)Gemeinkosten, die sich in verschiedenen Formen oder Phasen zeigen kann[10].

Die Gemeinkostenschlüsselung beginnt bereits bei der (im Rahmen der Kostenartenrechnung stattfindenden) Verteilung von nur einem bestimmten Zeitraum insgesamt zurechenbaren Kosten auf einzelne Teilperioden dieses Zeitraums. Beispielhaft hierfür seien etwa das Urlaubsgeld oder die Weihnachtsgratifikation genannt, die nur dem Jahr insgesamt, nicht jedoch (zu je einem Zwölftel) den einzelnen Monaten (etwa bei der Erstellung des monatlichen Betriebsabrechnungsbogens) sachgerecht zugeordnet werden können.

---

8) Vgl. so RIEBEL, Paul: Das Rechnen mit Einzelkosten und Deckungsbeiträgen, in: Einzelkosten- und Deckungsbeitragsrechnung, 3. Aufl., Opladen 1979, S. 35-39, hier S. 35; DERSELBE: Kurzfristige unternehmerische Entscheidungen auf Grundlage des Rechnens mit relativen Einzelkosten und Deckungsbeiträgen, in: Einzelkosten- und Deckungsbeitragsrechnung, 3. Aufl., Opladen 1979, S. 269-307, hier S. 269; HUMMEL, S. - MÄNNEL, W.: Kostenrechnung 2, S. 21; HUMMEL, S.: Wirklichkeitsnahe Kostenerfassung, S. 49.

9) Vgl. ähnlich HUMMEL, S. - MÄNNEL, W.: Kostenrechnung 2, S. 18.

10) Vgl. hierzu und zum folgenden ausführlich ebenda, S. 18-21.

Zum zweiten werden (in der Kostenstellenrechnung) solche Kosten, die für mehrere Kostenstellen gemeinsam anfallen und daher bezogen auf einzelne dieser Kostenstellen Gemeinkosten darstellen, den einzelnen Kostenstellen zugerechnet. Man denke etwa an die "Umlage" der Kosten eines Arbeitsvorbereiters der Instandhaltung auf mehrere von ihm betreute Instandhaltungskolonnen.

Drittens werden (innerhalb der Kostenträgerrechnung) die für die einzelnen Kostenstellen - z. B. eine Instandhaltungskolonne - ermittelten Kosten auf die jeweiligen Instandhaltungsaufträge weitergewälzt. Damit werden den einzelnen Instandhaltungsaufträgen fixe und variable (Kostenträger-)Gemeinkosten zugeschlüsselt. Ein Beispiel für die Schlüsselung und Proportionalisierung fixer Instandhaltungs-Gemeinkosten wäre etwa die Verrechnung des Gehalts eines Meisters, während eine Schlüsselung variabler Gemeinkosten z. B. dann erfolgt, wenn in einer Tauchanlage mehrere Teile gleichzeitig oder nacheinander gereinigt werden.

Diese mehrfache Schlüsselung von Gemeinkosten führt dazu, daß sowohl im Instandhaltungsbereich selbst als auch aufgrund der Verrechnung dieser, einzelnen Instandhaltungsaufträgen nicht zurechenbaren Bestandteile der Gesamtkosten der Instandhaltung auf die instandzuhaltenden Anlagen auch in anderen Unternehmensbereichen falsche Entscheidungen getroffen werden[11].

Im Instandhaltungsbereich selbst werden aufgrund der fehlenden Kostenspaltung[12] bereits die Instandhaltungspolitiken und damit auch das Programm der Instandhaltungsleistungen nicht zieladäquat geplant. Denn die Gemeinkostenschlüsselung führt insbesondere auch wegen der Proportionalisierung der von der Art und Zahl der Leistungen unabhängigen Instandhaltungskosten dazu, daß sowohl die Struktur der Leistungen als auch die Intervalle zwischen

---

11) Vgl. allgemein zu den Mängeln der Vollkostenrechnung etwa HUMMEL, S. - MÄNNEL, W.: Kostenrechnung 2, S.21-2

12) Vgl. hierzu auch die ausführliche Darstellung der Kostenspaltung im Abschnitt B des ersten Kapitels.

der Ausführung der einzelnen Leistungen nicht zu einem ausgewogenen Verhältnis zwischen Instandhaltungskosten einerseits und ökonomisch nachteiligen Verschleißwirkungen andererseits führen. Letztlich liegt dies darin begründet, daß zum einen die Kosten einer Instandhaltungsleistung überhöht ausgewiesen werden und zum anderen die Inanspruchnahme der Engpässe im Instandhaltungsbereich völlig unberücksichtigt bleibt[13]. Hinzu kommt, daß bei Vollkostenrechnungen regelmäßig auch die Verschleißwirkungen falsch - in der Regel zu niedrig - ausgewiesen werden.

Auch bei der Planung der Ausführung des Instandhaltungsprogramms und der daraus abzuleitenden Planung des Bedarfs an Produktionsfaktoren (des Mengengerüstes der Instandhaltungskosten) kommt man regelmäßig zu falschen Entscheidungen. Dies betrifft etwa die Wahl zwischen alternativ einsetzbaren Instandhaltungsverfahren, da aufgrund der Gemeinkostenschlüsselung (und insbesondere der Fixkostenproportionalisierung) gerade solche Verfahren immer weniger (mehr) in Anspruch genommen werden, die ohnehin schon schlecht (gut) ausgelastet sind. Dies führt dann dazu, daß die Ausführung eines Instandhaltungsauftrages durch die unterbeschäftigte eigene Instandhaltungsabteilung häufig scheinbar höhere Kosten verursacht als die Fremdinstandhaltung, während bei richtiger Kalkulation der Auftragskosten der Eigeninstandhaltung der Vorzug zu geben wäre[14]. Auch im Rahmen der Reihenfolge- und Terminplanung werden falsche Entscheidungen getroffen, weil die Vollkostenrechnung aufgrund der Gemeinkostenschlüsselung insbesondere die reihenfolgeabhängigen Auftragswechselkosten nicht zutreffend ausweisen kann. So werden beispielsweise durch die zeitproportionale Verrechnung von Lohnkosten vergleichsweise längere Zeit in Anspruch nehmen-

---

13) Vgl. demgegenüber die explizite Berücksichtigung der (personellen) Engpässe im Rahmen der (Gesamt-)Programmplanung der Instandhaltung im Abschnitt B II. des vierten Kapitels dieser Arbeit.

14) Vgl. zur Verfahrenswahl unter Beachtung der relevanten Kosten die Abschnitte A I. und B I. des fünften Kapitels dieser Arbeit.

de Auftragswechsel allein aus diesem Grunde in stärkerem Maße belastet als andere, obwohl sich bei Ansatz relevanter Kosten gerade ein umgekehrtes Ergebnis einstellen kann.

Daß die Weiterwälzung der gesamten Instandhaltungskosten auf die Instandhaltungsaufträge auch in anderen Unternehmensbereichen Fehlentscheidungen auslösen kann, zeigt sich etwa schon daran, daß bei der Planung von Anlagenverbesserungsmaßnahmen deren Nutzen - u. a. die Reduzierung der Instandhaltungskosten - in unzutreffender Höhe ermittelt und so ein wirtschaftlicherer Einsatz knapper Anlagenverbesserungskapazitäten verhindert wird. Auch die für Investitions- und Desinvestitionsentscheidungen zu berücksichtigenden Instandhaltungskosten werden unzutreffend bestimmt. Werden die in der beschriebenen Weise mehrfach geschlüsselten Instandhaltungskosten auf die instandzuhaltenden Anlagen verrechnet, führt dies schließlich auch dazu, daß - bei Vollkostenrechnung - diese Kosten den auf diesen Anlagen erzeugten Produkten zugeschlüsselt und so von der Zahl der Produkte völlig unabhängige Kosten als damit variierende Kosten erfaßt werden und so falsche Preisuntergrenzen ermittelt, nachteilige Poruktionsprogramm- und Produktionsvollzugsentscheidungen getroffen werden.

Diese mit der Vollkostenrechnung zwangsläufig verbundenen Mängel verdeutlichen die besondere Bedeutung des Rechnens mit den für die jeweils zu treffenden Entscheidungen relevanten Kosten, auf dessen Grundsätze im folgenden Abschnitt eingegangen wird.

C Erstellung des Wertgerüstes nach den Grundsätzen des Rechnens mit relevanten Kosten

Will man die aus der Gemeinkostenschlüsselung resultierenden Mängel vermeiden, darf man generell nur auf die relevanten, durch die jeweils betrachtete einzelne Entscheidung (bzw. ein Entscheidungsbündel) zusätzlich ausgelösten Kosten abstellen. Dies sind (definitionsgemäß) die Einzelkosten der betreffenden Entscheidung[15]. Für die Planung der Instandhaltungskosten bedeutet dies, daß ebenfalls nur die durch die Entscheidung für den Einsatz der Produktionsfaktoren (für eine bestimmte Instandhaltungsleistung oder für die Instandhaltungsleistungen für eine instandzuhaltende Anlage oder während der Planperiode) zusätzlich ausgelösten (Einzel-)Kosten zu planen sind.

Insbesondere dann, wenn man nicht nur die Kosten einer einzelnen Instandhaltungsleistung, sondern etwa anlagenbezogene oder die in der Planperiode insgesamt anfallenden Instandhaltungskosten planen will, muß man davon abgehen, als "Kostenträger" nur die einzelnen auszuführenden Instandhaltungsaufträge zu verstehen. Denn eine Erfassung und Planung aller relevanten Kosten (des eine Anlage oder die gesamte Periode betreffenden Bündels von Instandhaltungsentscheidungen) als Einzelkosten der Instandhaltungsaufträge ist aus im folgenden noch näher erläuterten Gründen nicht möglich. Allerdings lassen sich die einzelnen Instandhaltungsaufträgen nicht als Einzelkosten zurechenbaren Kosten bezogen auf andere ("übergeordnete") Zurechnungsobjekte durchaus als Einzelkosten erfassen. Grundsätzlich sind nämlich auch andere Zurechnungs- oder Bezugsobjekte für die Zuordnung der Kosten zu berücksichtigen, da "...prinzipiell jede Art von Leistung...jeder Vorgang - z. B. ein Werbefeldzug -,

15) Vgl. so etwa RIEBEL, Paul: Das Rechnen mit Einzelkosten, S. 36.

jede Funktion, jede organisatorische oder räumliche Einheit..."[16] Bezugsobjekt sein kann. Eine Erfassung und Planung aller relevanten Kosten als Einzelkosten wird somit dann möglich, wenn man eine Hierarchie von Bezugsgrößen geschaffen hat, bei der jede Kostenart an irgendeiner Stelle als Einzelkosten ausgewiesen werden kann[17]. Dabei sind die Kosten jeweils als Einzelkosten des kleinstmöglichen (gegebenenfalls auch durch Wirtschaftlichkeitsüberlegungen bedingt anders festgelegten[18]) Bezugsobjektes zu erfassen und zu planen, so daß keine Einzelkosten einer (in dieser Hierarchie) "untergeordneten" Bezugsgröße in eine "übergeordnete" einbezogen werden[19].

Der generelle Grundsatz, alle Kosten als Einzelkosten der kleinstmöglichen Bezugsgröße der Bezugsgrößenhierarchie zu erfassen, ist allerdings noch sehr abstrakt. Insbesondere ist für die Planung aller Kosten als Einzelkosten daher zunächst noch näher zu erläutern, wann Kosten als Einzelkosten einer Stufe dieser Hierarchie erfaßbar sind. Entsprechend den beiden grundlegenden Begriffselementen der Kosten ist eine zwingende Voraussetzung für das Vorliegen von Einzelkosten, daß sowohl ein Einzelverbrauch vorliegt als auch, daß diesem ein

---

16) RIEBEL, Paul: Das Rechnen mit relativen Einzelkosten und Deckungsbeiträgen als Grundlage unternehmerischer Entscheidungen im Fertigungsbereich, in: Neue Betriebswirtschaft, 14. Jg. (1961), S. 145, hier S. 146 (Unterstreichungen geben Hervorhebungen im Original wieder).

17) Vgl. so RIEBEL, Paul: Das Rechnen mit Einzelkosten, S. 37.

18) Dies gilt etwa für unechte Gemeinkosten, die prinzipiell als Einzelkosten eines bestimmten Bezugsobjektes erfaßbar sind, aus Wirtschaftlichkeitsüberlegungen jedoch nur für übergeordnete Bezugsgrößen erfaßt werden. Man denke etwa an das in sogenannten Handlagern gelagerte Material. Prinzipiell ließe sich der Verbrauch an diesen Materialien zwar für die einzelnen Leistungen erfassen und planen. Aus Wirtschaftlichkeitserwägungen wird man hier jedoch im Rahmen einer periodenbezogenen Kostenplanung etwa von der durchschnittlichen periodenbezogenen Zahl von Füllungen dieses Lagers ausgehen.

19) Vgl. so RIEBEL, Paul: Das Rechnen mit Einzelkosten, S. 37; HUMMEL, S.: Wirklichkeitsnahe Kostenerfassung, S. 141.

Einzelwert (-preis) zugeordnet werden kann, daß somit ein Einzelverbrauch und ein Einzelwert sachlich und zeitlich auf eine identische Entscheidung (bzw. ein Entscheidungsbündel) zurückzuführen sind. Einzelkosten sind daher zu definieren als "...eindeutig bestimmbare geldliche Äquivalente von Einzelverbräuchen..."[20].

I. Determinanten der Relevanz von Kosten

1. Sachliche Zurechenbarkeit

Versteht man unter einem Einzelverbrauch einen durch eine Entscheidung über das betrachtete Bezugsobjekt zusätzlich ausgelösten Verbrauch an Produktionsfaktoren, so ist ein Einzelverbrauch nicht unbedingt als solcher nur für ein bestimmtes Bezugsobjekt erfaßbar[21]. In derart gelagerten Fällen ist für die Erfassung dieses Einzelverbrauchs der Übergang auf ein übergeordnetes Bezugsobjekt notwendig. Dies trifft beispielsweise dann zu, wenn der Reinigungsmittelverbrauch in einer Tauchanlage nicht einer sondern nur mehreren (einem Bündel von) Reinigungsleistungen zurechenbar ist. In anderen Situationen - wenn die Erfassung eines Einzelverbrauchs für eine Instandhaltungsleistung zwar grundsätzlich möglich ist - wird der Erfassungsaufwand vielfach unwirtschaftlich. Dies gilt etwa für die instandhaltungsauftragsweise Erfassung und Planung des Materials, das in sogenannten Handlagern (etwa einzelnen Arbeitsplätzen in der Werkstatt zugeordneten Kleinmateriallagern) gehalten wird. In anderen Fällen schließlich ist ein Einzelverbrauch sachlich nur solchen Entscheidungen zuzurechnen, die mit der Planung der Instandhaltungsleistungen überhaupt nicht mehr in (unmittelbarem) Zusammenhang stehen. Dies gilt etwa für die Entscheidung, einen (oder mehrere) Lagerverwalter in der Planperiode einzusetzen.

---

20) HUMMEL, S.: Wirklichkeitsnahe Kostenerfassung, S. 192 (Unterstreichungen geben Hervorhebungen im Original wieder).

21) Vgl. ähnlich HUMMEL, S.: Wirklichkeitsnahe Kostenerfassung, S. 191.

Aber auch dann, wenn - worauf hier im einzelnen nicht weiter eingegangen werden soll[22] - ein Einzelverbrauch einer Entscheidung sachlich eindeutig zurechenbar ist, bedeutet das nicht gleichzeitig auch, daß dann zwangsläufig auch Einzelkosten erfaßbar sind. Davon kann man nämlich nur dann ausgehen, wenn durch diesen Einzelverbrauch zusätzliche, diesem also eindeutig zurechenbare Ausgaben (Einzelwerte) ausgelöst werden. In diesem Sinne ist die Forderung RIEBEL's zu verstehen, das Prinzip der "Verursachung" - präziser, das Identitäts- oder Marginalprinzip - auch auf den Ansatz der Geldgrößen anzuwenden[23], was insbesondere für die bei der Erstellung des Wertgerüstes der Instandhaltungskosten zu beachtenden Preissysteme der Produktionsfaktoren von wesentlicher Bedeutung ist.

Da ein Einzelverbrauch und die durch ihn ausgelösten zusätzlichen Ausgaben jedoch nicht in unmittelbarem Zusammenhang stehen[24], sondern Ausgaben als originäre[25] Kostenwerte nur mit der (externen) Beschaffung[26] (bzw. als derivative[27] Kostenwerte mit der innerbetrieblichen Bereitstellung) verbunden sind, ist somit zunächst zu untersuchen, ob Einzelverbrauchsmenge und Beschaffungsmenge übereinstimmen oder nicht.

Wenngleich man vielfach nicht von einer Übereinstimmung der Verbrauchs- und Beschaffungsmenge ausgehen kann - was im folgenden noch näher begründet wird -, sei dies

---

22) Vgl. hierzu im einzelnen HUMMEL (S.: Wirklichkeitsnahe Kostenerfassung, S. 190-197) und die dort angegebene Literatur.
23) Vgl. so RIEBEL, P.: Entscheidungsorientierter Kostenbegriff, S. 128.
24) Vgl. so auch HUMMEL, S.: Wirklichkeitsnahe Kostenerfassung, S. 202.
25) Vgl. zu diesen Begriffen HEINEN, E.: Betriebswirtschaftliche Kostenlehre, S. 76.
26) Darauf beschränken sich die weiteren Untersuchungen.
27) "Einzelkosten kann es zwar nur geben, wenn ein Einzelverbrauch existiert; aber nicht jeder für den Einzelverbrauch stehende Geldausdruck verdient die Bezeichnung Einzelkosten." So HUMMEL, S.: Wirklichkeitsnahe Kostenerfassung, S. 201.

zunächst für die weiteren Überlegungen unterstellt. Selbst in diesem besonders günstigen Fall kann man allerdings schon nicht generell davon ausgehen, daß auf den Einzelverbrauch auch relevante Ausgaben zurückzuführen sind. Für die Kostenplanung ist dies von entscheidender Bedeutung, da man nicht grundsätzlich annehmen kann, daß die - rein schematische - Multiplikation der geplanten Faktormengen mit den Faktorpreisen die zu planenden Kosten liefert[28]. Zu Recht weist daher RIEBEL auf die "Fragwürdigkeit einer Interpretation der Kosten als Produkt aus mengenmäßigem Güterverzehr und Wertkomponente"[29] hin. Sehr sorgfältig sind nämlich vielmehr die von RIEBEL so bezeichneten Entgeltfunktionen[30], also die Preissysteme[31] für die Produktionsfaktoren zu beachten. Dies kann nämlich - selbst dann, wenn der betreffenden Beschaffungsmenge eine Ausgabe eindeutig zurechenbar ist - dazu führen, daß die Beschaffung gleicher Mengen eines Produktionsfaktors bzw. einer Produktionsfaktorart unterschiedlich zu bewerten ist. Dies trifft beispielsweise auf den Energiebezug zu, da die gleiche bezogene Strommenge aufgrund der (tageszeitbezogenen) Staffelung der Stromtarife in Abhängigkeit von der Tageszeit unterschiedliche Ausgaben verursacht[32]. Planungsrelevant wird dies dann, wenn mehrere Schichten eingeplant sind.

Vielfach ist gegenüber diesem noch relativ günstigen Fall jedoch zu beachten, daß einer bestimmten Beschaffungsmenge eine Ausgabe nicht eindeutig zuordenbar sein kann, da eine Ausgabe etwa nur für ein größeres Beschaffungsquantum als das jeweils gerade betrachtete

---

28) Davon geht jedoch etwa KILGER (Wolfgang: Plankostenrechnung, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaftslehre, hrsg. von Erwin GROCHLA und Waldemar WITTMANN, 4. Aufl., Bd. I/2, Stuttgart 1975, Sp. 2984-3001, hier Sp. 2984) aus.

29) RIEBEL, P.: Entscheidungsorientierter Kostenbegriff, S. 131.

30) Vgl. RIEBEL, P.: Entscheidungsorientierter Kostenbegriff, S. 127.

31) Diese Bezeichnung (für denselben Sachverhalt) wählt MÄNNEL, W.: Kostenspaltung, S. 1149.

32) Darauf weist insbesondere RIEBEL (P.: Entscheidungsorientierter Kostenbegriff, S. 135) hin.

entsteht. Bezogen auf das Beispiel des Energiebezugs trifft dies etwa auf die (Monats- oder Jahres-)Grundgebühr zu, die zudem sogar unabhängig von der effektiv abgenommenen Strommenge zu entrichten ist[33]. Dies gilt ebenfalls etwa für die Ausgaben für den gemeinsamen Transport mehrerer Mengeneinheiten eines oder mehrerer Produktionsfaktoren, die einer Mengeneinheit (bzw. einem Produktionsfaktor) nicht zurechenbar sind, da diese Ausgaben nur für Transportvorgänge insgesamt anfallen.

Es ist also sorgfältig zu analysieren, ob für die jeweilige Beschaffungsmenge überhaupt ein ihr zurechenbares Ausgabenquantum ausgelöst wird und - sofern dies der Fall ist - in welcher Höhe die Ausgaben - entsprechend dem Preissystem der betreffenden Produktionsfaktoren - anzusetzen sind.

Weiterhin ist es selbst dann, wenn dem jeweiligen Beschaffungsquantum ein Ausgabenquantum eindeutig zugeordnet werden kann, möglich, daß diese Beschaffungsmenge nicht mit dem betreffenden Verbrauchsquantum übereinstimmt. So kann letzteres kleiner oder größer als die jeweilige Beschaffungsmenge sein. Ist das Beschaffungsquantum ein ganzzahliges Vielfaches des Verbrauchsquantums, ist die betreffende Ausgabe der Summe der Verbrauchsquanten, die dann gerade das Beschaffungsquantum ausmachen, zuzurechnen. Ist das Beschaffungsquantum kein ganzzahliges Vielfaches des Verbrauchsquantums, ist die Ausgabe ebenfalls nur dem Beschaffungsquantum insgesamt und damit dem (niedrigeren) Verbrauchsquantum zuzurechnen. Dies führt dann dazu, daß beispielsweise das für die Planperiode bereitzustellende Personal durch die geplanten Instandhaltungsleistungen allein nicht voll in Anspruch genommen wird oder daß Reste von

---

33) Vgl. so auch MÄNNEL, W.: Kostenspaltung, S. 1149.

Materialien übrigbleiben. Diese "überschüssigen" Faktormengen sind infolgedessen in der Regel nicht mit einem positiven oder negativen Wertansatz zu versehen. Eine Ausnahme bilden etwa Vernichtungskosten für nicht benötigte, zu beseitigende Materialien (beispielsweise Säuren und dergl.)[34].

Ist das Verbrauchsquantum größer als das Beschaffungsquantum - sind also zur Bereitstellung der geplanten Verbrauchsmenge mehrere Beschaffungen erforderlich -, ist die Zurechnung der - für jeweils ein Beschaffungsquantum anfallenden - Ausgaben auf die betrachtete Verbrauchsmenge dann unproblematisch, wenn das Verbrauchsquantum ein ganzzahliges Vielfaches der Beschaffungsmenge ist. Ist dies nicht der Fall, treten wiederum Überschußmengen (die keinen Wert erhalten) auf, da die Summe der einzelnen Beschaffungsmengen das Verbrauchsquantum übersteigt, wenn der geplante Verbrauchsbedarf plangemäß gedeckt werden soll (und dies keine Beschaffungsrestriktionen verhindern)[35].

2. Zeitliche Zurechenbarkeit

Insbesondere dann, wenn die Planung der Instandhaltungskosten (auch) unter periodenbezogenen Aspekten erfolgen soll, ist außer der sachlichen auch die zeitliche Zurechenbarkeit der durch die Entscheidung über den Einsatz der Produktionsfaktoren in der betreffenden Periode ausgelösten Kosten auf diese Periode zu prüfen. Es ist somit zunächst festzustellen, ob das Verbrauchsquantum an einem

---

34) Die bei einem Verkauf solcher Faktormengen etwa erzielbaren Erlöse (bzw. Deckungsbeiträge) sind gemäß des Bruttoprinzips nicht von den ursprünglich für das gesamte Beschaffungsquantum angefallenen Kosten in Abzug zu bringen, sondern in der Erlösrechnung (bzw. in der Kosten- und Erlösrechnung) zu erfassen.

35) Treten Beschaffungsrestriktionen auf, sind andere (Anpassungs-)Maßnahmen zu ergreifen - wie beispielsweise zeitliche, intensitäts- oder querschnittsmäßige Anpassungsmaßnahmen im Hinblick auf die Potentialfaktoren oder die Wahl anderer Instandhaltungsverfahren, wenn das ursprünglich geplante Material nicht in ausreichender Menge beschafft werden kann.

Produktionsfaktor der Periode zuzurechnen ist oder nicht. Darüber hat man in Abhängigkeit davon zu entscheiden, auf welchen Zeitraum sich die den (Einzel-) Verbrauch auslösende Entscheidung bezieht. Ist dieser Zeitraum - beispielsweise die Dauer einer Instandhaltungsmaßnahme - größer als die Planperiode, sind die durch den Einzelverbrauch ausgelösten zusätzlichen Ausgaben nicht als Einzelkosten der betrachteten Periode zu planen, sondern - sofern der Zeitraum, auf den sich die Entscheidung bezieht, festgelegt ist - auf diesen und ansonsten auf einen zunächst noch unbestimmten Zeitraum. Letzteres trifft z. B. auf Ersatzteile zu, über deren Bereitstellung positiv entschieden wurde, und die während der (über die Planperiode hinausgehenden) Nutzungsdauer der instandzuhaltenden Anlagen zwar sicher benötigt werden, deren genauer Einsatzzeitpunkt aber nicht bekannt ist.

Kann man demgegenüber das Verbrauchsquantum der betreffenden Periode eindeutig zuordnen, ist weiter zu prüfen, ob Verbrauchs- und Beschaffungsquantum übereinstimmen. Ist dies nicht der Fall, und ist speziell das Beschaffungsquantum größer als das Verbrauchsquantum, hat man zunächst zu ermitteln, ob das Beschaffungsquantum der betrachteten Periode zurechenbar ist. Davon kann man etwa dann nicht ausgehen, wenn Betriebsmittel (z. B. Meßinstrumente) beschafft werden, die über mehrere Perioden genutzt werden sollen und somit mehrere (periodenbezogene) Einzelverbräuche erlauben. Unter dieser Voraussetzung sind auch die mit der Entscheidung über die Beschaffung des betreffenden Beschaffungsquantums ausgelösten Ausgaben Gemeinkosten der betrachteten Periode. Ist das Beschaffungsquantum kleiner als das Verbrauchsquantum - wie etwa bei der mehrmaligen Beschaffung von Mengeneinheiten eines Produktionsfaktors (bei einem oder mehreren Lieferanten) für ein größeres Instandhaltungsprojekt - sind die dafür gegebenenfalls jeweils erneut anfallenden Ausgabenquanten nur dem Verbrauchsquantum insgesamt zurechenbar und damit auch in Abhängigkeit von

der Zurechenbarkeit des Verbrauchsquantums auf die betrachtete Periode dieser zuzuordnen bzw. nicht zurechenbar.

Sind demgegenüber sowohl das Verbrauchs- als auch das Beschaffungsquantum der Periode zuzurechnen, kann in der Regel davon ausgegangen werden, daß dies auch für das Ausgabenquantum gilt[36].

Schließlich ist das - besonders bei der Inanspruchnahme von Potentialfaktoren auftretende - Problem zu untersuchen, wie das Beschaffungsquantum zu bemessen ist. So ist etwa speziell die Frage zu beantworten, ob das Beschaffungsquantum bei bereits vorhandenen Vertragspotentialen nur den Zeitraum umfaßt, der zwischen zwei möglichen Abbauterminen liegt oder aber zusätzlich auch die Kündigungsfrist, worauf an dieser Stelle allerdings nicht näher eingegangen werden soll[37].

II. Der Einfluß der Unsicherheit auf die Höhe der Wertansätze

Mit der sachlichen und zeitlichen Zurechenbarkeit sind die Determinanten für die Relevanz von Kosten streng genommen bereits herausgearbeitet. Allerdings lassen sich die dabei aufgezeigten Grundsätze bei der Planung der Instandhaltungskosten nicht generell realisieren. Dies ist insbesondere mit der zwar in der Regel auch bei jeder anderen Kostenplanung auftretenden, speziell bei der Planung der Instandhaltungskosten jedoch besonders gravierenden Unsicherheit der Planung zu begründen. Im einzelnen sind (in besonderem Maße bei vergleichsweise lang-

---

36) Vgl. so auch HUMMEL, S.: Wirklichkeitsnahe Kostenerfassung, S. 181.

37) Mit dieser Problematik haben sich vor allem auseinandergesetzt HUG, W. und WEBER, J.: Zeitbezug der Grundrechnung, insbes. S. 82-92. Zu einer Wirtschaftlichkeitsrechnung unter Berücksichtigung des (im Text) zuletzt genannten umfassenderen Zeitraums vgl. das Beispiel (C) zur periodenbezogenen Verfahrenswahl im Abschnitt B I. des fünften Kapitels dieser Arbeit.

fristiger Planung) - was in dieser Untersuchung mehrfach herausgestellt wurde -

- die Verbrauchsbedarfsmengen an den Produktionsfaktoren (z. B. Überstunden des Personals) und deren zeitliche Lage,
- die Beschaffungsquanten und -zeitpunkte (z. B. für Ersatzteile, die zur Ausführung ausfallschadensbedingter Leistungen erforderlich werden und über deren Bedarf und Bereitstellung erst in Abhängigkeit von der während des Planungszeitraumes zu treffenden Verfahrenswahl entschieden wird) oder
- die Ausgabenquanten (z. B. aufgrund nicht exakt zu antizipierender Preissteigerungen)

nicht hinreichend bekannt, um die den entwickelten Zurechenbarkeitskriterien entsprechende Forderung nach Ansatz von Grenzausgaben[38] erfüllen zu können. Daher erscheint es dann zweckmäßig, anstelle der Grenzausgaben mit durchschnittlichen bzw. zu erwartenden Wertansätzen zu planen, die dann allerdings im Rahmen einer dynamischen, überlappenden Planung sukzessive entsprechend zu revidieren sind.

D Die Bewertung einzelner Produktionsfaktorarten nach den Grundsätzen des Rechnens mit relevanten Kosten

Wie die vorhergehenden Ausführungen gezeigt haben, bildet die Analyse des Preissystems der Produktionsfaktoren der Instandhaltung eine wichtige Grundlage für das Erstellen des Wertgerüstes der Instandhaltungskosten. Daher hat man zum einen für die Lösung des Bewertungsproblems die Bestimmungsfaktoren der Faktorpreise und zum anderen die Auswirkungen der Faktorpreissysteme auf die Kostenplanung herauszuarbeiten.

---

38) Vgl. so RIEBEL, P.: Entscheidungsorientierter Kostenbegriff, S. 135.

I. Bewertung des Potentialfaktorbedarfs

Die für das Personal der Instandhaltung anfallenden Gehälter sind grundsätzlich (tarif-)vertraglich ausgehandelte Entgelte, deren Höhe bezogen auf eine bestimmte Periodenlänge und eine bestimmte "normale" zeitliche Inanspruchnahme des Personals (in der Regel für einen Monat bei einer 40-Stunden-Woche) festgelegt wird. Unabhängig von der effektiven Inanspruchnahme des ein Gehalt beziehenden Personals sind die Gehälter während dieses Zeitraumes konstant. Die Höhe der Gehälter des Instandhaltungsbereichs insgesamt ist somit für diesen Zeitraum allein abhängig von der (aus den Arbeitsverträgen hervorgehenden unterschiedlichen) Größenordnung des je Arbeitskraft zu zahlenden Gehalts einerseits und der Zahl der Arbeitskräfte andererseits, die im Rahmen der Planung der Faktorbedarfsmengen und -einsatzzeiten zu ermitteln ist. Da im Rahmen dieser Faktor(einsatz- und bereitstellungs-)bedarfsplanung für die Planperiode außerdem auch die die Auf- und Abbaumöglichkeiten dieses personellen Potentials einschränkenden Fristen und Termine zu berücksichtigen sind, lassen sich die Gehälter unter Beachtung gegebenenfalls zu erwartender Änderungen der Gehaltshöhe[39] (aufgrund von Tarifänderungen, zusätzlichen oder entfallenden Leistungszulagen aufgrund von Leistungsbeurteilungen u. ä.) en bloc für die Planperiode vorgeben.

Für die Löhne gelten die obigen Aussagen insbesondere dann in gleicher Weise, wenn das Personal im Zeitlohn eingesetzt ist. Man mag dem entgegenhalten, daß die Lohnsätze zumeist bezogen auf eine Arbeitsstunde[40] festgelegt werden und für die Löhne vielfach auch (noch) ein von den Gehältern abweichender Auszahlungsmodus[41] gilt. Wegen des Bezugs auf die Arbeitstunde ergibt sich auch

---

39) Vgl. hierzu im einzelnen KILGER, W.: Flexible Plankostenrechnung - Theorie und Praxis der Grenzplankostenrechnung und Deckungsbeitragsrechnung, 7. Aufl., Opladen 1977, S. 219-233.
40) Vgl. ebenda, S. 172.
41) Vgl. HUMMEL, S. - MÄNNEL, W.: Kostenrechnung 1, S. 90.

ein von der (unterschiedlichen) Zahl der Normalarbeitsstunden je Monat abhängiger unterschiedlicher Monatslohn. Abgesehen davon ist jedoch die Höhe der Lohnkosten je Monat (bei Normalarbeitszeit) von der effektiven Inanspruchnahme der Arbeitskräfte unabhängig[42] und konstant. Ähnlich gilt für Akkord- und Prämienlöhne, daß sie aufgrund gesetzlicher und tariflicher Bestimmungen einen bestimmten durchschnittlichen oder Mindestwert nicht unterschreiten dürfen[43]. Insofern ist es auch verfehlt, die Lohnkosten - etwa je Monat - dadurch planen zu wollen, daß man die Dauer der Inanspruchnahme der Handwerker für die Ausführung der einzelnen Leistungen plant, diese Zeit mit dem entsprechenden Bruttolohnsatz bewertet und dann über die Zahl der Leistungen je Monat die Lohnkosten vorgibt[44]. Denn ein solches Vorgehen lieferte dann - wenn das betreffende Personal während der Planperiode (zeitlich) nicht vollständig mit der Ausführung von Instandhaltungsleistungen beschäftigt ist - zu niedrige geplante Kosten, da die Löhne - etwa je Monat - allein von der (tarifvertraglich festgelegten) "Normal"-Stundenzahl je Monat bestimmt werden.

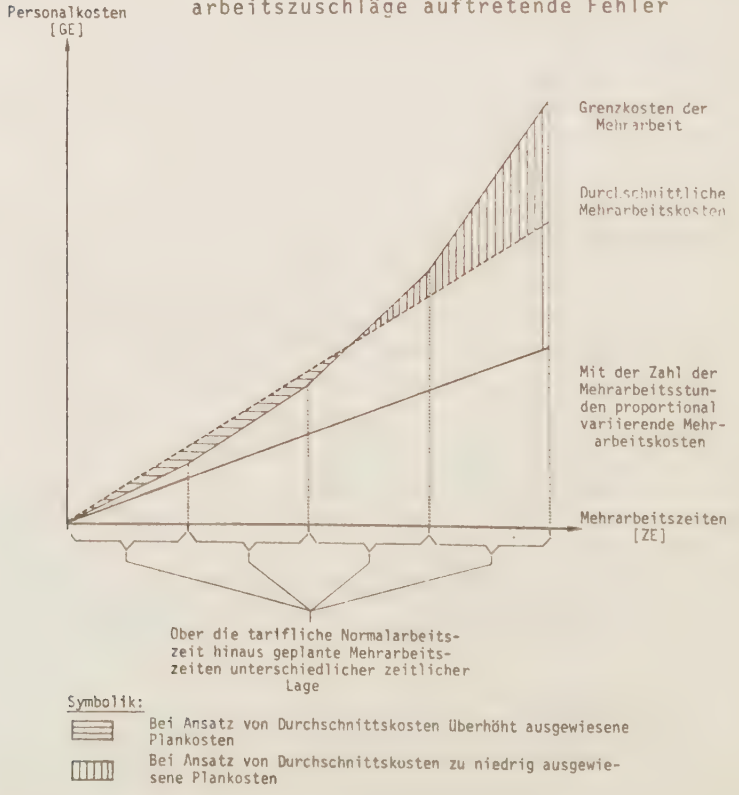
Die Überstundenlöhne und -gehälter variieren demgegenüber mit dem Ausmaß der zeitlichen Inanspruchnahme der Arbeitskräfte, die über die normale, (tarif-)vertraglich festgelegte Arbeitszeit hinausgeht. Die Höhe des Lohnzuschlagsatzes für Mehrarbeitszeiten ist dabei insbesondere von der Zahl der Überstunden innerhalb eines bestimmten Zeitraumes und deren chronologischer Lage (Nachtarbeit, Wochenendarbeit) abhängig[45]. Probleme bereitet die Planung der Kosten für solche Mehrarbeitszeiten vor allem deshalb, weil gerade im Instandhaltungsbereich insbesondere aufgrund ausfallschadensbedingt anfallender Leistungen - vornehmlich für längere Zeit im voraus - der Bedarf an solchen Mehrarbeitszeiten über-

---

42) Vgl. ebenda, S. 91.
43) Vgl. KILGER, W.: Flexible Plankostenrechnung, S. 289; HUMMEL, S. - MÄNNEL, W.: Kostenrechnung 1, S. 91.
44) Insofern kann dieser von KILGER (W.: Flexible Plankostenrechnung, S. 271) gewählten Vorgehensweise nicht zugestimmt werden.
45) Vgl. ebenda, S. 485.

haupt und deren chronologische Lage im besonderen nur relativ grob geschätzt werden können. Daher ist es erforderlich, für den Bedarf an den einzelnen Arten dieser Mehrarbeitszeiten gesonderte Schätzungen abzugeben. Insbesondere für laufend (etwa monatlich) zu erstellende Kostenpläne käme man demgegenüber zu falschen Planwerten - die dann auch eine aussagefähige Kontrolle verhinderten - wenn man bei der Planung der Mehrarbeitskosten von durchschnittlichen Zuschlagsätzen[46] ausginge. Legt man der Planung nämlich anstelle der zusätzlich in Kauf zu nehmenden Grenzkosten bzw. Grenzausgaben Durchschnittswerte zugrunde, werden die Plankosten entweder zu niedrig oder zu hoch ausgewiesen, wie dies aus Abb. 7.1 zu ersehen ist.

Abb. 7.1: Bei der Planung der Personalkosten für Mehrarbeitszeiten bei Ansatz von Durchschnittskosten aufgrund der unterschiedlich gestaffelten Mehrarbeitszuschläge auftretende Fehler



46) Vgl. KILGER, W.: Flexible Plankostenrechnung, S. 486.

Besonders problematisch, wenn nicht sogar unmöglich wird die Planung der Mehrarbeitskosten, wenn (bei Gleitzeitregelung) die Zahl der Anwesenheitsstunden von einem Monat auf den nächsten oder vorhergehenden übertragbar ist. Denn das kann dazu führen, daß die zunächst als Überstunden in einem Monat angefallene Mehrarbeit durch eine entsprechend geringere Zahl von Anwesenheitsstunden im nächsten Monat (innerhalb gewisser Grenzen) sogar vollständig ausgeglichen werden kann. In diesem Fall lassen sich allenfalls für vergleichsweise lange Zeiträume relativ grobe Schätzwerte prognostizieren.

Der Wertansatz für die Bereitstellung, die Bereithaltung, den Einsatz und die Ausmusterung der Betriebsmittel der Instandhaltung (Anlagen, Werkzeuge, Vorrichtungen usw.) ist grundsätzlich in gleicher Weise wie etwa auch für die Fertigungsanlagen zu wählen. Werden Betriebsmittel für eine einzelne Instandhaltungsleistung bereitgestellt, so ist als Bewertungsansatz in Abhängigkeit von der Art der Bereitstellung die Höhe des aus dem Mietvertrag hervorgehenden Entgelts, bei Selbstherstellung (z.B. bestimmter Vorrichtungen) die Leistungskosten der Herstellung oder die Beschaffungskosten (Preise der betreffenden Betriebsmittel einschließlich der Beschaffungsnebenkosten und Beschaffungsprozeßleistungskosten), zu wählen - gegebenenfalls erhöht um zusätzlich am Ende der Nutzung anfallende Abbruch- oder Verschrottungskosten bzw. vermindert um zu erzielende Resterlöse. Dieser Wert ist prinzipiell auch dann in Ansatz zu bringen, wenn die Betriebsmittel für mehrere Leistungen bzw. für die gesamte Planperiode oder für mehrere Planperioden bereitgestellt werden, sofern sie nicht - nach Ablauf der Nutzungsdauer - erneut (identisch) wieder bereitgestellt werden sollen. Im letzteren Fall sind die Wiederbereitstellungskosten als Wertansatz zu wählen. Für die Planung der Kosten für solche Betriebsmittel, die nur für die Planperiode bereitgestellt werden, sind auch diese Kosten unmittelbar für diesen Zeitraum planbar. Da sie sich - wie auch schon die Kosten des Potentialfaktors menschliche Arbeitskraft - nicht

einer einzelnen Instandhaltungsleistung ohne Willkür zuschlüsseln lassen (mit der Ausnahme, daß sie ausschließlich für eine Leistung bereitgestellt werden), sind diese Kosten somit nur der Planperiode (bzw. einem kürzeren Zeitraum) insgesamt zuzurechnen und en bloc vorzugeben. Diese Aussage behält in ihrer grundsätzlichen Ausrichtung auch dann Gültigkeit, wenn die betreffenden Betriebsmittel eine Nutzungsdauer aufweisen, die über die Planperiode hinausgeht. Dann sind die (Wieder-)Bereitstellungskosten auch nur der - über mehrere Perioden reichenden - Nutzungsdauer insgesamt zurechenbar und lassen sich ohne willkürliche Schlüsselung der Planperiode nicht - etwa durch Abschreibungen[47] - zuordnen[48]. Auch der für die Planperiode zu erwartende Resterlöswertabfall ist nicht als Bestandteil der laufenden (periodenbezogenen) Kostenplanung auszuweisen, da diese Opportunitätskosten nur für bestimmte Entscheidungen, wie etwa "Ausmusterung oder Weiterbetrieb" relevant sind. Für die Planperiode sind daher als Kosten für solche Betriebsmittel, deren Nutzungsdauer im Instandhaltungsbereich über die Planperiode hinausgeht, nur die Instandhaltungskosten zu planen. Da dies nach denselben Grundsätzen wie für die Fertigungsanlagen zu erfolgen hat, kann auf eine ausführlichere Beschreibung hier verzichtet werden.

---

47) Vgl. zu der Ermittlung und Planung von Abschreibungen etwa KOSIOL, E.: Anlagenrechnung, S. 48-77 und KILGER, W.: Flexible Plankostenrechnung, S. 401-405 sowie die dort jeweils angegebene Literatur.

48) Vgl. RIEBEL, Paul: Das Rechnen mit Einzelkosten, S. 38f. Zu diesem Ergebnis kommt auch MAHLERT, Arno: Die Abschreibungen in der entscheidungsorientierten Kostenrechnung, Opladen 1976, S. 228.

II. Bewertung des Repetierfaktorbedarfs

Bei der Bewertung des Instandhaltungsmaterialverbrauchs hat man sich zunächst daran zu orientieren, ob die betreffenden Materialien in der Planungsperiode erst noch bereitgestellt werden müssen oder ob sie bereits im Lager vorrätig sind. Im ersten Fall sind die zu erwartenden Bereitstellungskosten in Ansatz zu bringen[49]. Wiederbeschaffungskosten sind auch für im Lager bereits vorrätige Materialien zu wählen, wenn die betreffenden Stoffe und Teile in Zukunft wiederbeschafft werden[50]. Kann man davon nicht ausgehen - etwa für bestimmte Ersatzteile, die erst vergleichsweise kurze Zeit vor der Ausmusterung einer Anlage dem Lager entnommen und eingebaut werden - sind die Bereitstellungskosten (gegebenenfalls zuzüglich der Leistungskosten der Lagerhaltung - z. B. für Konservierungsstoffe) in Ansatz zu bringen, wenn die Entscheidung über die Verwendung des betreffenden Materials bereits getroffen ist. Da solche Teile den Charakter von Potentialen haben, sind die Bereitstellungskosten streng genommen allerdings schon bei der Bereitstellung als Bereitschaftskosten eines gegebenen oder zunächst noch offenen Zeitraumes bis zu ihrer Verwendung auszuweisen. Steht dagegen fest, daß die Teile nicht mehr verwendbar sind, sind die zusätzlich gegebenenfalls anfallenden Vernichtungskosten zu berücksichtigen[51]. Wird ein Teil austauschend ersetzt und dann für einen erneuten Einsatz instandgehalten, so ist die Bereitstellung dieses Teils mit den Instandhaltungsleistungskosten zu bewerten.

---

49) Vgl. etwa KILGER, W.: Flexible Plankostenrechnung, S. 169f.; HEINEN, E.: Betriebswirtschaftliche Kostenlehre, S. 77.

50) Vgl. HUMMEL, S. - MÄNNEL, W.: Kostenrechnung 1, S. 90.

51) Für die Entscheidung über die Verwendung sind dagegen die bei anderweitiger Verwendung des betreffenden Materials erzielbaren Deckungsbeiträge in Ansatz zu bringen; vgl. so HUMMEL, S. - MÄNNEL, W.: Kostenrechnung 1, S. 90.

Zusätzlich ist bei der Bewertung des Instandhaltungsmaterials die vielfach mangelnde Zurechenbarkeit von Bestandteilen der Bereitstellungskosten auf einzelne Teile zu beachten. Dies gilt etwa für den Fall (beschaffungswertabhängiger) Mengenrabatte, für mehrere Teile gemeinsam anfallender Transportkosten (z. B. durch einen Spediteur) und dergl. Dann lassen sich die Bereitstellungskosten, ebenso wie die Kosten für solche Materialien, die in grösseren Quanten beschafft werden (Schrauben, Öle usw.), nur in Abhängigkeit von der Zahl der Beschaffungen solcher Quanten planen, nicht jedoch anhand der für jeweils eine Instandhaltungsleistung benötigten Teilmengen.

Bei der Planung der Energiekosten ist in aller Regel ein Preissystem zu berücksichtigen, das zum Teil Kosten des Energiebezuges unabhängig von der in Anspruch genommenen Menge, zum Teil davon abhängige Kosten verursacht. Letztere sind dabei in der Regel teilweise proportional und teilweise regressiv. Zum Teil müssen auch Entgelte für zu wenig in Anspruch genommene Energie bezahlt werden[52]. Zu beachten ist auch, daß die Energiekosten gerade im Instandhaltungsbereich teilweise gar nicht (wirtschaftlich) erfaßbar sind, wie insbesondere dann, wenn die Energie unmittelbar an der instandzuhaltenden Anlage entnommen wird.

Diese zusammenfassende Darstellung sollte noch einmal verdeutlichen, daß sich die Instandhaltungskosten nicht proportional mit den Instandhaltungsleistungen und die Kosten der einzelnen Produktionsfaktoren sich nur in Ausnahmefällen mit dem Umfang des Produktionsfaktoreinsatzes entwickeln. Demzufolge erweist es sich als notwendig, die mengen- und zeitmäßigen Faktorverbrauchsfunktionen mit den entsprechenden Entgeltfunktionen zu verknüpfen, um so die zu planenden und zu kontrollierenden Kostenwerte zu erhalten. Schließlich haben die Ausführungen in diesem und dem vorhergehenden Abschnitt ge-

---

52) Vgl. RIEBEL, P.: Entscheidungsorientierter Kostenbegriff, S. 134f.

zeigt, daß die Planung des Mengengerüstes der Instandhaltungskosten auf der einen und der Produktionsfaktorpreise bzw. -bewertungsansätze auf der anderen Seite im Grunde niemals isoliert erfolgen darf, sondern simultan durchzuführen ist, da zwischen der Planung des Mengen- und Wertgerüstes zahlreiche Interdependenzen bestehen.

Schlußbemerkungen

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die Konzeption einer bedarfsorientierten Instandhaltungskostenplanung herauszuarbeiten. Die dazu erforderlichen Teilpläne in ihrem Inhalt und Ineinandergreifen aufzuzeigen, bildete den Schwerpunkt, wenngleich zur Darstellung spezieller Problemlösungen auch quantitative Modelle und Methoden (exemplarisch) aufgegriffen wurden. Insofern bietet eine intensivere quantitative Durchdringung der einzelnen Schritte zur Planung der Instandhaltungskosten einen Ansatzpunkt für weitere Arbeiten auf dem Gebiet der Instandhaltungskostenplanung - etwa auch durch eine entsprechende, instandhaltungsadäquate Modifizierung von im Bereich der Fertigung entwickelten Modellen.

Für die praktische Anwendung des hier vorgestellten Konzeptes sind insbesondere die informatorischen Grundlagen für die Festlegung der Instandhaltungspolitiken zu verbessern. Im Vordergrund sollten dabei vor allem Bemühungen zur Erfassung und Erklärung der Ursachen und Bestimmungsfaktoren des Verschleißes der Anlagenelemente und Anstrengungen zur präziseren Prognose der Verschleißentwicklung sowie insbesondere auch der Erfassung und Quantifizierung der ökonomisch nachteiligen Auswirkungen des Verschleißes stehen. Weiterhin sind vornehmlich im Bereich der Instandhaltungsvollzugsplanung in verstärktem Maße Wirtschaftlichkeitsrechnungen und -vergleiche der in dieser Arbeit prinzipiell vorgestellten und an Beispielen erläuterten Art zur Fundierung der hier zu treffenden Entscheidungen aufzustellen. Schließlich erweist es sich als notwendig, Faktorbedarfsfunktionen empirisch zu ermitteln. Eine insoweit fundierte

und unter Beachtung der für die einzelnen Produktionsfaktoren geltenden Preissysteme erstellte Instandhaltungskostenplanung wird auch der in der Praxis ohnehin festzustellenden zunehmenden Tendenz zu einer in stärkerem Maße geplanten Instandhaltung gerecht.

Die in der vorliegenden Arbeit entwickelten Grundlagen einer bedarfsorientierten Instandhaltungskostenplanung können dann zugleich als wesentliche Basis einer Instandhaltungs-Plankostenrechnung zugrundegelegt werden. Dazu ist die Plankostenrechnung entsprechend der hier vorgestellten Konzeption so zu gestalten, daß sie die aus unterschiedlichen Entscheidungen im Rahmen der Instandhaltungsprogramm- und -vollzugsplanung resultierenden Konsequenzen auf die Ausprägung und Entwicklung der die Instandhaltungskosten bestimmenden Einflußgrößen einerseits sowie die sich aus den Faktorpreisen bzw. den Faktorpreissystemen ergebenden Einflüsse auf die Instandhaltungskosten andererseits transparent machen kann. Dies verdeutlicht zugleich, daß diese Abhängigkeiten im Grunde bereits beim Treffen der jeweiligen Entscheidungen bekannt sein müssen bzw. in die Entscheidungsfindung einzubeziehen sind. Eine so fundiert erstellte Plankostenrechnung ist dann ein Instrument, das es gestattet, unter Berücksichtigung der von ihr nicht beeinflußbaren Daten (z. B. Preise für von außen bezogene Güter und Dienstleistungen) die kostenmäßigen Auswirkungen der zur Wahl stehenden Alternativen bereits bei der Entscheidung zu berücksichtigen und somit schon bei der Instandhaltungsplanung gestaltend mitzuwirken.

Abschließend soll auf ein Problem eingegangen werden, das sich regelmäßig dann einstellt, wenn man die auf die instandzuhaltenden Fertigungsanlagen zu verrechnenden Instandhaltungskosten den Leistungs- oder Bereitschaftskosten des Einsatzes dieser Anlagen bzw. den Produktionsleistungs- und -bereitschaftskosten zuordnen will. Die Zuordnungsproblematik entsteht vor allem deshalb, weil man ohne eine intensivere Analyse der Ursachen des die Instand-

haltungskosten auslösenden Instandhaltungsbedarfs bzw. dessen Deckung keine Aussage darüber machen kann, ob die Instandhaltungskosten von der Nutzung der Anlagen abhängig oder unabhängig anfallen werden bzw. angefallen sind.

Will man dieses Problem einer Lösung zuführen, muß man auf die für die betreffenden Anlagen bzw. deren Elemente entwickelten Instandhaltungspolitiken und die Verschleißanalyse zurückgreifen[1]. Prinzipiell sind dann in Abhängigkeit von dem Orientierungspunkt der Festlegung der Instandhaltungspolitiken zwei Fälle zu unterscheiden, die im einzelnen allerdings noch weiter zu differenzieren sind.

Hat erstens die Verschleißanalyse ergeben, daß der Verschleiß eines Anlagenelementes im wesentlichen (oder sogar ausschließlich) während dessen Nutzung eintritt, kann man grundsätzlich davon ausgehen, daß der Verschleiß während des Einsatzes der Gesamtanlage entsteht bzw. fortschreitet. Um festzustellen, ob der Verschleiß von der Nutzung i. e. S. oder aber von anderen Phasen des Anlageneinsatzes (i. w. S.) - Rüsten, Leerlauf, An- und Auslauf - hervorgerufen wird, hat man zu untersuchen, während welcher Phase(n) der Anlageneinsatzzeitstruktur der Verschleiß der einzelnen Anlagenelemente maßgeblich fortschreitet[2]. Ist dies (auch bei vergleichsweise geringer Ungenauigkeit bzw. Unsicherheit[3]) bekannt, sind die Instandhaltungskosten für das betreffende Anlagenelement als vom Einsatz der Gesamtanlage abhängig einzuordnen. Dies gilt somit immer dann, wenn die Instandhaltungsleistungen jeweils nach Ablauf einer bestimmten Zahl von Betriebsstunden, Rüstvorgängen oder Ingang- bzw. Stillsetzungen der Anlage ausgeführt werden, d. h. wenn sich die Instandhaltungspolitikfestlegung an einer anlageneinsatzabhängigen Größe als Bestimmungsfaktor des Verschleißes orientiert.

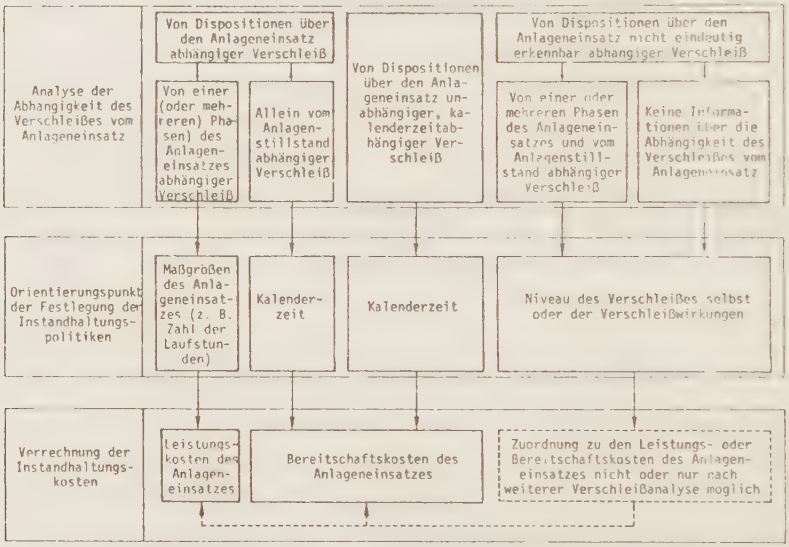
---

1) Vgl. so auch MÄNNEL, W.: Kostenspaltung, S. 1148f.
2) Vgl. hierzu die Abschnitte B und C des dritten Kapitels dieser Arbeit.
3) Diese ergibt sich aus der Tatsache, daß der Verschleiß fast niemals vollständig während einer der Phasen der Anlageneinsatzzeitstruktur allein eintritt.

In ähnlicher Weise sind die Instandhaltungskosten, die für solche Anlagenelemente anfallen, die allein während der (Kalender-)Zeit, in der die Anlage stillsteht, verschleißen, als (kalender-)zeitabhängig einzustufen und daher den Produktionsbereitschaftskosten zuzuordnen. Auch in diesem Fall orientiert sich die Festlegung der Instandhaltungspolitiken unmittelbar an dem maßgeblichen Bestimmungsfaktor des Verschleißes. Schließlich sind noch solche Anlagenelemente zu berücksichtigen, die entgegen den bisher angesprochenen völlig unabhängig von den Dispositionen über den Anlageneinsatz oder Anlagenstillstand kalenderzeitabhängig verschleißen (wie z. B. bestimmte Verkleidungen). Da sich dann die Gestaltung der Instandhaltungspolitik ebenfalls an der Kalenderzeit und damit an dem maßgeblichen Verschleißbestimmungsfaktor ausrichten kann, sind die Instandhaltungsleistungskosten für diese Anlagenteile zu den Bereitschaftskosten der betreffenden Anlage zu rechnen. Diese Ausführungen zeigen, daß dann, wenn sich die Auswahl und Festlegung der Instandhaltungspolitiken an den Verschleißbestimmungsfaktoren für jeweils ein Anlagenelement ausrichten kann, eine Zuordnung der Instandhaltungsleistungskosten in Abhängigkeit von der gewählten Instandhaltungspolitik zu den Leistungs- oder Bereitschaftskosten der betreffenden Anlage möglich ist.

Hat die Verschleißanalyse demgegenüber die für den Verschleiß maßgeblichen Bestimmungsfaktoren nicht oder nicht hinreichend aussagefähig herausarbeiten können, sind folglich Instandhaltungspolitiken zu wählen, die sich unmittelbar am Verschleißniveau oder am Niveau der Verschleißwirkungen orientieren. Dann ist eine Zuordnung der Instandhaltungsleistungskosten zu den Leistungskosten oder Bereitschaftskosten des Einsatzes der instandzuhaltenden Anlagen nicht oder nur nach einer weiteren Verschleißanalyse möglich. Die beschriebenen Zusammenhänge sind in Abb. S.1 zusammenfassend dargestellt.

Abb. S.1: Überblick über die Grundsätze der Verrechnung der Instandhaltungsleistungskosten



Die hier herausgearbeiteten Grundsätze für die Verrechnung der Instandhaltungsleistungskosten haben generell auch dann Gültigkeit, wenn die Festlegung der Instandhaltungspolitiken auch andere Bestimmungsfaktoren, wie etwa das Streben nach einer möglichst gleichmäßigen Auslastung der Instandhaltungskapazitäten, berücksichtigt. Dies kann nämlich etwa dazu führen, daß trotz eines vom Anlageneinsatz abhängigen Verschleißes eine kalenderzeitperiodische Instandhaltungspolitik geplant wird und die Instandhaltungskosten dann zu den Bereitschaftskosten des Anlageneinsatzes zu zählen sind[4].

4) Auf diese Disponierbarkeit der Zuordnung der Instandhaltungskosten zu den Leistungs- oder Bereitschaftskosten des Anlageneinsatzes verweist MÄNNEL, W.: Kostenspaltung, S. 1148f.

Literaturverzeichnis

ABBOT, W. R.: Repair versus replacement of failed components, in: Journal of Industrial Engineering, Vol. 19 (1968), S. 21-27

ACKERMANN, W. - BUHL, H.: Planung, Steuerung und Kontrolle von Instandhaltungsarbeiten, in: Instandhaltung - Ein Managementproblem der Anlagenwirtschaft, 2. Arbeitsbericht des ARBEITSKREISES ANLAGENWIRTSCHAFT DER SCHMALENBACH-GESELLSCHAFT, Köln 1978, S. 81 - 112

ADAM, Dietrich: Entscheidungsorientierte Kostenbewertung, Wiesbaden 1970

ADAM, Dietrich: Produktionsdurchführungsplanung, in: Industriebetriebslehre in programmierter Form, hrsg. von Herbert JACOB, Bd. II, Planung und Planungsrechnung, Wiesbaden 1972, S. 329 - 498

ADAM, Dietrich: Produktionspolitik, 2. Aufl., Wiesbaden 1977

ADLER, H. - DÜRING, K. - SCHMALTZ, K.: Rechnungslegung, 4. Aufl., Stuttgart 1968

AGHTE, Klaus: Das Problem der unsicheren Erwartungen bei unternehmerischen Entscheidungen und Planungen, in: Unternehmensplanung, hrsg. von Klaus AGHTE und Erich SCHNAUFER, Baden-Baden 1963, S. 83 - 110

ALBACH, Horst: Wirtschaftlichkeitsrechnung bei unsicheren Erwartungen, Köln und Opladen 1959

ALBACH, Horst: Zur Verbindung von Produktionstheorie und Kostentheorie, in: Zur Theorie der Unternehmung, Festschrift zum 65. Geburtstag von Erich Gutenberg, hrsg. von Helmut KOCH, Wiesbaden 1962, S. 137 - 201

ALTENBURGER, Otto A.: Der entscheidungsorientierte Kostenbegriff, in: KRP, Jg. 1976, Heft 4, S. 149 - 155

ANDERS, H.: Die Reparaturkosten sind teils fix, teils proportional, in: Maschine und Werkzeug, 66. Jg. (1965), Nr. 13, S. 48 - 50

ANDERS, Walter: Wirtschaftliche Instandsetzung und Instandhaltung von Maschinen und Maschinenteilen durch neuzeitliche Schweißverfahren, in: Das Industrieblatt, 61. Jg. (1961), Heft 6, S. 380 - 388

ANDRS, Jiri: Die Inspektion in der Instandhaltung, in: Neue Hütte, 18. Jg. (1973), Heft 3, S. 147 - 149

ARBEITSKREIS ANLAGENWIRTSCHAFT DER SCHMALENBACH-GESELLSCHAFT: Instandhaltung - Ein Managementproblem der Anlagenwirtschaft, Arbeitsbericht des Arbeitskreises Anlagenwirtschaft der Schmalenbach-Gesellschaft, Köln 1978

ARBEITSKREIS INSTANDHALTUNG DER SCHMALENBACH-GESELLSCHAFT: Instandhaltung - Ein Managementproblem, Arbeitsbericht des Arbeitskreises Instandhaltung der Schmalenbach-Gesellschaft, Forschungsbericht des Landes Nordrhein-Westfalen, Nr. 2383, Köln 1974

ARBEITSKREIS WEBER-HAX DER SCHMALENBACH-GESELLSCHAFT: Der Einkauf im Industriebetrieb als unternehmerische und organisatorische Aufgabe, Köln und Opladen 1960

AROLD, Karl-Heinz: Arbeitsvorbereitung und Leistungsentlohnung für Betriebswartung und Betriebsinstandhaltung an bergbaulichen Übertageanlagen, in: Geplante Schnell-Instandsetzung und vorbeugende Instandhaltung für Bergbau, Eisenhütten- und ähnlich gelagerte Industrien, Vortragsveröffentlichungen Haus der Technik e. V., Essen 1964, S. 12 - 28

ASENDORF-KRINGS, Inge: Facharbeiter und Rationalisierung - Das Beispiel der großbetrieblichen Instandhaltung, München 1979

BAETGE, J.: Lernprozesse, betriebliche, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, hrsg. von Erwin GROCHLA und Waldemar WITTMANN, 4. Aufl., Bd. I/2, Stuttgart 1975, Sp. 2496 - 2504

BAHR, Johannes: Instandhaltung - dargestellt an Beispielen des Bergbaues, Leipzig 1970

BAIER, M.: Organisation einer bedarfsgerechten und rationellen Ersatzteilversorgung, in: Der Maschinenbau, 16. Jg. (1967), Heft 7, S. 222 - 227

BAIERL, Friedrich: Lohnanreizsystem, 5. Aufl., München 1974

BALE, E. S.: How to Measure Maintenance Results, in: Petroleum Refiner, 35. Jg. (1956), Heft 5, S. 157 - 162

BARLOW, Richard E.: Maintenance and replacement policies, in: Statistical Theory of Reliability, ed. by Marvin ZELEN, Madison 1964, S. 75 - 87

BARLOW, Richard E. - MARSHALL, A.: Bounds of Distribution with Monotone Hazard Rate, in: Annals of Mathematical Statistics, 35. Jg. (1964), S. 1234 - 1239

BARLOW, Richard E. - PROSCHAN, Frank: Planned Replacement, in: Studies in Applied Probability and Management Science, ed. by Kenneth J. ARROW, Samuel KARLIN and Herbert SCHARF, Stanford 1962, S. 63 - 87

BARLOW, Richard E. - PROSCHAN, Frank: Comparison of Replacement Policies and Renewal Theory Implications, in: The Annals of Mathematical Statistics, Vol. 35 (1964), S. 577 - 589

BARLOW, Richard E. - PROSCHAN, Frank: Mathematical Theory of Reliability, New York 1967

BARSCHDORFF, D.: Akustische Überwachung von Betriebsdampfturbinen, in: Fachtagung Instandhaltung '78 - Inspektion, Wiesbaden, 17. und 18. 10. 1978, hrsg. vom DEUTSCHEN KOMITEE INSTANDHALTUNG, o. O., o. J. (1978), S. VII/1 - 14

BAUER, Richard - KRESS, Heinz: Prioritätsregeln für die Instandhaltungsablaufplanung, in: Operation Research und Datenverarbeitung bei der Instandhaltungsplanung, hrsg. von Karl F. BUSSMANN und Peter MERTENS, Stuttgart 1968, S. 120 - 126

BAUKLOH, Rolf - PENNEKAMP, Werner: Schnellprüfmethoden, in: Der Maschinenmarkt, 71. Jg. (1965), Heft 87, S. 29 - 31

BEA, Franz Xaver: Verfahrenswahl, in: Handwörterbuch der Produktionswirtschaft, hrsg. von Werner KERN, Stuttgart 1979, Sp. 2093 - 2110

BECKER, E.: Netzplantechnik in der Instandhaltung, in: Instandhaltung - Ein Managementproblem der Anlagenwirtschaft, 2. Arbeitsbericht des ARBEITSKREISES ANLAGENWIRTSCHAFT DER SCHMALENBACH-GESELLSCHAFT, Köln 1978, S. 145 - 162

BECKMANN, Gottfried - MARX, Dieter: Instandhaltung von Anlagen, Leipzig 1978

BECKMANN, Martin G.: An Inventory Policy For Repair Parts, in: Naval Research Logistic Quarterly, Vol. 6 (1959), S. 209 - 220

BEICHELT, Frank: Optimale Instandhaltung, Berlin 1974

BELL, Chauncey F. - KAMINS, Milton: Determining Economic Quantities of Maintenance Ressources: A Minuteman Application, The RAND Corporation, Memorandum RM 3308 - PR, January 1963

BENDIX, P. H. - SEITZ, U.: Einsatz von Fremdkräften in der Maschinenwartung und -reinigung, in: Jahrbuch für Betriebswirte 1979, hrsg. von Werner KRESSE und Walter ALT, 4. Jg., Stuttgart 1979, S. 184 - 189

BERG, Claus C.: Prioritätsregeln in der Reihenfolgeplanung, in: Handwörterbuch der Produktionswirtschaft, hrsg. von Werner KERN, Stuttgart 1979, Sp. 1425 - 1433

BESTE, Theodor: Fertigungsverfahren, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, Bd. 1, hrsg. von Hans SEISCHAB und von Karl SCHWANTAG, 3. Aufl., Stuttgart 1956, Sp. 1764 - 1774

BESTE, Th. - KOHLITZ, A.: Grundlagen der Typenbeschränkung und Normung, Dortmund 1976

BETTER, Herbert Waldemar: Kunden ohne Kundendienst. Die Zukunft: Austausch von Teilen statt Reparatur, in: Der Volkswirt, 17. Jg. (1963), S. 301f.

BIERGANS, Enno: Einkommensteuer und Steuerbilanz, München 1978

BIGGANE, James F.: Fertigungsplanung und Zeitvorgabe bei Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten, in: Arbeitsstudium und Instandhaltung, hrsg. vom KURT-HEGENER-INSTITUT FÜR ARBEITSWISSENSCHAFT DES VERBANDES FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA e. V., Berlin-Köln-Frankfurt a. M. 1963

BÖCKER, A.: Genormte Güteanforderung an Schmierstoffe - eine Voraussetzung für die Senkung der Instandhaltungskosten, in: Aufbereitungstechnik, 5. Jg. (1961), S. 207 - 211

BÖCKELMANN, Manfred: Die Reserveteile im anlageintensiven Industriebetrieb, Freiburg (Schweiz) 1955

BÖTTCHER, Jürgen: Zur Ermittlung optimaler Strategien für den Ersatz von Baueinheiten, Leipzig 1974

BOLLMANN, Werner: Die planmäßige Maschinenwartung als Bestandteil der planmäßig vorbeugenden Instandhaltungsmaßnahmen, in: Der Industriebetrieb, 6. Jg. (1958), Heft 9, S. 429 - 431

BRACHT, W.: Wie wird ein Instandhaltungsetat ermittelt und begründet?, in: Aktuelle Probleme der Instandhaltung, VDI-Berichte Nr. 215, Düsseldorf 1974, S. 59 - 71

BRAHY, Pierre: Die Bewirtschaftung von Ersatzteilen für unvorhergesehenen Verbrauch, in: Stahl und Eisen, 92. Jg. (1972), Nr. 1, S. 24 - 33

BRANDES, G.: Weiterentwicklung des Schmierstoffes - ein Beitrag zur Verbesserung der Instandhaltung, in: Fachtagung "Instandhaltung - Partner der Produktion", Stuttgart 24./25. 5. 1973, hrsg. vom DEUTSCHEN KOMITEE INSTANDHALTUNG, S. 14/1 - 14/12

BRAUN, Eugen: Technische und betriebswirtschaftliche Grundlagen für die Bemessung einer zentralen Reparaturwerkstatt, Diss. Leoben 1976

BRAUN, Walter: Die Kapazität von Güterkraftverkehrsbetrieben, Diss. Stuttgart 1959

BREDE, Eberhard: Technische Einrichtungen im Krankenhaus, deren Wartung und Betrieb, in: Krankenhaus-Umschau, 38. Jg. (1969), Heft 4, S. 316 - 318

BREDE, Eberhard: Regieleistung oder Fremdleistung?, in: Krankenhaus-Umschau, 39. Jg. (1970), Heft 9, S. 862 - 864

von BRIEL, Hansrudolf: Die Ermittlung der wirtschaftlichen Nutzungsdauer von Anlagegütern, Zürich 1955

BRINKMANN, Michael O.: What to do when the warranty runs out?, in: Modern Hospital, Jg. 1973, S. 74 - 77

BROCKER, Helmut: Arbeits- und Personalbeurteilung in Instandhaltungsbetrieben, in: Arbeitsvorbereitung, 11. Jg. (1974), Heft 3, S. 71 - 75

BROCKER, Helmut: Gedanken zur Situation der Instandhaltung, in: Arbeitsvorbereitung, 11. Jg. (1974), Heft 2, S. 37 - 43

BROWN, D. B. - MARTZ, Jr., H. F.: A Two-Phase Algorithm for the Maintenance of a Detoriating Component System, in: Industrial Engineering Research and Development, Vol. 2 (1970), No. 2, S. 106ff.

BRUHN, Ernst-Egon: Die Bedeutung der Potentialfaktoren für die Unternehmenspolitik, Berlin 1965

BUART, Fritz: Die Wahl des geeigneten Schweißverfahrens bei Instandsetzungen, in: Technische Mitteilungen, 58. Jg. (1965), Heft 9, S. 519 - 525

BUNDESFINANZHOF-Urteile:
- vom 9. 7. 1953, Bundessteuerblatt 1953, III, S. 245
- vom 1. 3. 1960, Bundessteuerblatt 1960, III, S. 198
- vom 14. 10. 1960, Bundessteuerblatt 1960, III, S. 493
- vom 9. 3. 1962, Bundessteuerblatt 1962, III, S. 195
- vom 22. 8. 1966, Bundessteuerblatt 1966, III, S. 672
- vom 14. 12. 1966, Bundessteuerblatt 1967, III, S. 247
- vom 9. 11. 1976, Bundessteuerblatt 1977, II, S. 279 und 306
- vom 7. 12. 1976, Bundessteuerblatt 1977, II, S. 281

BUNDESMINISTERIUM DER FINANZEN:
- Schreiben vom 28. 2. 1978, Bundessteuerblatt 1978, I, S. 136

BUNDSCHUH, Uwe: Die Organisation der vorbeugenden Instandhaltung, in: Die Arbeitsvorbereitung, Jg. 1965, Heft 2, S. 57 - 62

BUSSE VON COLBE, Walther - NIGGEMANN, Walter: Bereitstellungsplanung - Einkaufs- und Lagerpolitik, in: Industriebetriebslehre in programmierter Form, Bd. II., Planung und Planungsrechnung, hrsg. von Herbert JACOB, Wiesbaden 1972, S. 265 - 328

BUSSE VON COLBE, Walther - LASSMANN, Gert: Betriebswirtschaftstheorie, Bd. 1, Berlin-Heidelberg-New York 1975

BUSSMANN, Karl F. - KITTEL, Horst - KRESS, Heinz - KUHN, Michael - MERTENS, Peter: Instandhaltungsplanung, -steuerung und -kontrolle, in: Industrielle Produktion, hrsg. von Klaus AGHTE, Hans BLOHM und Erich SCHNAUFER, Baden-Baden - Bad Homburg 1967, S. 479 - 499

BUSSMANN, Karl F. - KRESS, Heinz - KUHN, Michael: Instandhaltungsstrategien als Mittel zur Senkung der Instandhaltungskosten und zur Steigerung der Kapazitätsausnutzung industrieller Fertigungsanlagen, in: Operations Research und Datenverarbeitung bei der Instandhaltungsplanung, hrsg. von Karl F. BUSSMANN und Peter MERTENS, Stuttgart 1968, S. 31 - 40

BUSSMANN, Karl F. - MERTENS, Peter (Hrsg.): Operations Research und Datenverarbeitung bei der Instandhaltungsplanung, Stuttgart 1968

BUTLER, David E.: A Computer Program for Balancing Man Power Requirements of Construction and Maintenance Projects, Massachusetts 1961

MC CALL, John J.: Operating Characteristics of Opportunistic Replacement and Inspection Policies, in: Management Science, Vol. 10 (1963), No. 1, S. 85 - 97

MC CALL, John J.: Maintenance Policies for Stochastically Failing Equipment, in: Management Science, Vol. 11 (1965), S. 493 - 524

CHMIELEWICZ, Klaus: Wirtschaftsgut und Rechnungswesen, in: ZfbF, 21. Jg. (1969), S. 1185 - 1202

CHMIELEWICZ, Klaus: Betriebliches Rechnungswesen 1, Finanzierung und Bilanz, Reinbek bei Hamburg 1973

CHMIELEWICZ, Klaus: Forschungskonzeptionen der Wirtschaftswissenschaft, 2. Aufl., Stuttgart 1979

CHURCHMAN, C. West - ACKOFF, Russel L. - ARNOFF, E. Leonhard: Operations Research, Deutsche Übersetzung, Wien und München 1961

CLAR, Peter: Kapazitätsnutzung in der Industrieunternehmung, Berlin 1964

COENENBERG, Adolf G.: Möglichkeiten des Wirtschaftlichkeitsvergleichs zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug von Vorratsgütern, in: ZfB, 37. Jg. (1967), Heft 4, S. 268 - 284

COOLING, W.: Leistungslohn für Instandhaltungsarbeiten ist praktisch, in: Arbeitsstudium und Instandhaltung, hrsg. vom KURT-HEGENER-INSTITUT DES VERBANDES FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA e. V., Berlin-Köln-Frankfurt a. M. 1963, S. 77 - 88

CORDER, Antonys: Maintenance managementtechniques, London 1976

COX, David R.: Erneuerungstheorie, München - Wien 1966

CZICHON, Paul: Vorbeugende Instandhaltung - Basis der Werkserhaltung, in: Betriebstechnik, Jg. 1972, Heft 3, S. 52 - 54

DAEDELOW, W.: Automatische Versorgung von Maschinenanlagen mit Fett und Öl, in: Maschine und Werkzeug, 67. Jg. (1966), Heft 18, S. 90 - 92

DAHLEMS, Rolf: Grundfragen der Anlagenbereitstellung, Diss. Dortmund 1980

DAHMEN, Ulrich: Die Wirtschaftliche Nutzungsdauer von Anlagen unter Berücksichtigung von Instandhaltungsmaßnahmen, Meisenheim am Glan 1975

DEHNE, Willi: Kostensparende Anlagenerhaltung mit Hilfe der Erzeugungsbetriebe, in: Stahl und Eisen, 88. Jg. (1968), Nr. 4, S. 169 - 171

DELLMANN, Klaus: Zum Stand der betriebswirtschaftlichen Theorie der Kostenrechnung, in: ZfB, 49. Jg. (1979), Nr. 4, S. 319 - 332

DENARDO, E. V. - FOX, B. L.: Nonoptimality of Planned Replacement in Intervals of Decreasing Failure Rate, in: Operations Research, 15. Jg. (1967), S. 358 - 359

DIEDERICH, Helmut: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre I, 4. Aufl., Stuttgart - Düsseldorf 1974

DIETRICH, Jutta: Durchsetzung von Grundsätzen der wissenschaftlichen Arbeitsorganisation mit dem Ziel einer rationellen Gestaltung des Prozesses der Instandhaltung von Tagebau-Großgeräten, Diss. Freiburg 1974

DIETZ, Helmut: Die Durchführung von Reparaturplanungen und deren Bedeutung für die Stabilisierung der Kapazität in einem gemischten Eisen-Hütten-Werk, Diss. Nürnberg 1960

DOBLER, Gerhard: Ein umfassendes Mensch-Maschine-Kommunikationsmodell zur On-Line-Simulation von Produktionsabläufen in der Werkstatt- und Reihenfertigung und sein Einsatz im Rahmen des computergestützten Entscheidungstrainings, Diss. Stuttgart 1976

DOMSCH, Michael: Die Planung des Personalbedarfs, in: ZfbF (Kontaktstudium), 30. Jg. (1978), Heft 1, S. 111 - 119

DREGER, Wolfgang: Material- und Informationsprobleme bei der Instandhaltungspolitik, in: Maschinenmarkt, 80. Jg. (1974), Heft 16, S. 249 - 252

DRENICK, R. F.: The failure law of complex equipment, in: Journal of Industrial and Applied Mathematics, Vol. 8 (1960), No. 4, S. 680 - 690

DUESENBERRY, James S.: Income, Saving and the Theory of Consumer Behavior, Cambridge, Mass. 1949, S. 20

DZIERZAN, Nikodem: Erfahrungen mit der Netzwerkplanung für Raffinerieüberholungen, in: Erdöl und Kohle, 20. Jg. (1967), Heft 11, S. 808 - 813

EBBEKEN, Klaus: Primärkostenrechnung, Berlin 1973

EGAN, David M.: Leistungsmaßstäbe für die Instandhaltung und wie man ihre Einhaltung überwachen kann, in: Arbeitsstudium und Instandhaltung, hrsg. vom KURT-HEGENER-INSTITUT DES VERBANDES FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA e. V., Berlin - Köln - Frankfurt a. M. 1963, S. 143 - 155

EICHLER, Christian: Grundlagen der Instandhaltung, am Beispiel landtechnischer Arbeitsmittel, Berlin 1970

EICHLER, Christian: Instandhaltungstechnik, Berlin 1977

EISEN, M. - LEIBOWITZ, M.: Replacement of Randomly Detoriating Equipment, in: Managemant Science, Vol. 9 (1963), S. 268 - 276

ELLINGER, Theodor: Ablaufplanung, Stuttgart 1959

ELLINGER, Theodor: Industrielle Einzelfertigung und Vorbereitungsgrad, in: ZfhF, Neue Folge, 15. Jg. (1963), Heft 10, S. 481 - 498

ERDMANN, Wolfgang: Möglichkeiten und Grenzen der Zeitvorgabe bei Instandhaltungsarbeiten, in: REFA-Nachrichten, 22. Jg. (1969), Heft 5, S. 309 - 318

ERDMANN, Wolfgang: Zeitvorgabe bei Instandhaltungsarbeiten, Darmstadt 1970

ERDMANN, Wolfgang: Untersuchung über die Auswirkungen arbeitsorganisatorischer und entlohnungstechnischer Veränderungen auf die Arbeitsproduktivität von Instandhaltungshandwerkern, Diss. Aachen 1970

ERNST, Fritz: Die Anwendung von Bereitschaftsstrategien bei der planmäßigen Instandhaltung, in: Operations Research und Datenverarbeitung bei der Instandhaltungsplanung, hrsg. von Karl F. BUSSMANN und Peter MERTENS, Stuttgart 1968, S. 63 - 73

ESCHER, Hans: Der Umfang der Aktivierungspflicht für das Sachanlagevermögen in Handels- und Steuerbilanz, 2. Aufl., Düsseldorf 1962

ESCHMANN, Paul: Untersuchung über den Einfluß des Verschleißes auf die Lebensdauer der Wälzlager, Diss. Braunschweig 1963

ESTR 1975 (Einkommensteuer-Richtlinien für das Kalenderjahr 1975), o. O. 1976

EUCHLER, Wilhelm: Arbeitsvorbereitung und Leistungsentlohnung in Instandhaltungs-Werkstätten, in: Stahl und Eisen, 79. Jg. (1959), Nr. 7, S. 426 - 430

EULER, H. - STEVENS, H.: Die analytische Arbeitsbewertung als Hilfsmittel zur Bestimmung der Arbeitsschwierigkeit, Heft 3 der Sozialwirtschaftlichen Schriftenreihe der Wirtschaftsvereinigung Eisen- und Stahlindustrie, 4. Aufl., Düsseldorf 1965

FAEHNDRICH, Henner: Die Aufgaben der industriellen Anlagenwirtschaft, in: Industrielle Organisation, 32. Jg. (1963), Nr. 1, S. 23 - 29

FAEHNDRICH, Henner: Die Ausmusterung von Betriebsmitteln als betriebswirtschaftliches Problem, in: Industrielle Organisation, 34. Jg. (1965), Nr. 5, S. 193 - 209

FÄSSLER, Klaus - KUPSCH, peter Uwe: Beschaffungs- und Lagerwirtschaft, in: Industriebetriebslehre, hrsg. von Edmund HEINEN, 6. Aufl., Wiesbaden 1978, S. 219 - 279

FALKNER, Charles H.: Optimal Spares for Stochastically Failing Equipment, in: Naval Research Logistics Quarterly, Vol. 16 (1969), S. 287 - 295

FALLER, Siegfried: Aufbauorganisation der Instandhaltung, in: Instandhaltung - Ein Managementproblem der Anlagenwirtschaft, Arbeitsbericht Nr. 2 des Arbeitskreises Anlagenwirtschaft der Schmalenbach-Gesellschaft, Köln 1978, S. 63 - 80

FALLER, Siegfried: Wirtschaftlichkeitsfragen der Bereitstellung von Instandhaltungspersonal, in: Instandhaltung - Ein Managementproblem der Anlagenwirtschaft, Arbeitsbericht Nr. 2 des Arbeitskreises Anlagenwirtschaft der Schmalenbach-Gesellschaft, Köln 1978, S. 267 - 279

FICHTNER, Jürgen: Reinigen gegen Rost - Fortschritt beim Korrosionsschutz für Fittings durch Einsatz einer Waschmaschine, in: Instandhaltung, Jg. 1975, Heft 1, S. 12 - 15

FLEISCHER, G.: Energetische Methode zur Bestimmung des Verschleißes, in: Schmierungstechnik, 4 (1973), Heft 9, S. 269 - 274

FRANZ, Hans-Joachim: Die Betriebsunterbrechungsversicherung in der modernen Industriewirtschaft und ihre wachsende Bedeutung im Zeichen der Automation, Diss. Köln 1962

FREMGENS, G. J.: Normen als Grundlage der wirtschaftlichen Instandhaltung, in: Fachtagung "Instandhaltung - Partner der Produktion", Stuttgart 24./25. 5. 1973, hrsg. vom DEUTSCHEN KOMITEE INSTANDHALTUNG, S. 9/1 - 9/8

FROTSCHER, Johannes: Ein Simulationsmodell für den Reparaturdienst, in: Simulationsmodelle für ökonomische organisatorische Probleme, hrsg. vom INSTITUT FÜR DATENVERARBEITUNG, Dresden-Köln-Opladen 1968, S. 127 - 129

FUCHS, H.: Kontinuierliche Überwachung von Förderseilen in Steinkohlenbergwerken, in: Fachtagung Instandhaltung '78 - Inspektion, Wiesbaden, 17. und 18. 10. 1978, hrsg. vom DEUTSCHEN KOMITEE INSTANDHALTUNG, o. O., o. J. (1978), S. XVI/1 - 8

GABLERS Wirtschaftslexikon, erster Band, hrsg. von R. SELLIEN und H. SELLIEN, 9. Aufl., Wiesbaden 1976, Sp. 529

GEBAUER, Georg: Tribotechnik im Instandhaltungsbereich, in: Industrielle Organisation, 44. Jg. (1975), Heft 5, S. 227 - 231

GEBHARDT, Dieter: Planung der Instandhaltungsleistung, in: Instandhaltung chemischer und artverwandter Industrieanlagen, hrsg. von Gerhard MILDNER, Berlin 1969, S. 205 - 238

GEBHARDT, Dieter: Planung des Instandhaltungsmaterials, in: Instandhaltung chemischer und artverwandter Industrieanlagen, hrsg. von Gerhard MILDNER, Berlin 1969, S. 239 - 259

GERLAND, A.: Die Instandhaltung des Produktionsapparates, in: Leistungswirtschaft, Festschrift für Fritz Schmidt zum 60. Geb., hrsg. von F. HENZEL, Berlin-Wien 1942, S. 129 - 140

GERTSBAKH, Ilya B.: Models of Preventive Maintenance, Amsterdam-New York-Oxford 1977

GERTSBAKH, I. B. - KORDONSKIY, K. B.: Models of Failure, Berlin-Heidelberg-New York 1969

GESELL, Waldemar: Maschinenwartung tut Not, in: Maschinenmarkt, 77. Jg. (1971), Nr. 100, S. 2249 - 2250

GEYER, Thomas: Der Prozeß der Bedarfsgestaltung in industriellen Unternehmungen, Berlin 1970

GIESBERT, Harald: Instandhaltungskostenplanung, in: KRP, Jg. 1962, Heft 3, S. 115 - 122 (I); Heft 4, S. 163 - 168 (II); Heft 5, S. 219 - 225 (III); Heft 6, S. 277 - 284 (IV)

GIESBERT, Harald: Erfassen und Überwachen von Instandhaltungskosten, München 1969

GIESBERT, Harald: Instandhaltungskosten, in: Management Enzyklopädie, 3. Bd., München 1970, S. 599 - 605

GOEBEL, Johannes Karl: Wesenszüge der Anlagen-Unterhaltung in der chemischen Industrie Amerikas, in: Chemische Industrie, 10. Jg. (1958), S. 471 - 483

GÖTZFRIED, Franz: Planmäßig durchgeführte Schnell-Instandsetzung in einem Großbetrieb der mechanischen Fertigung, in: Industrie-Anzeiger, 84. Jg. (1962), Heft 49, S. 1131 - 1134

GÖTZFRIED, Franz: Wirtschaftliche Fabrikinstandhaltung, in: Technisches Zentralblatt für praktische Metallbearbeitung, 59. Jg. (1965), Heft 2, S. 119 - 122 (Teil 1), Heft 4, S. 265 - 268 (Teil 2), Heft 6, S. 410 - 412 (Teil 3) und Heft 9, S. 648 - 650 (Teil 4)

GOTTL-OTTLILIENFELD, Friedrich von: Bedarf und Deckung, Jena 1928

GOTTSCHALK, E. - KUBEIN, J. - MAREK, R.: Ermittlung einer Instandhaltungsstrategie für numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen, in: Fertigungstechnik und Betrieb, 23. Jg. (1973), Heft 2, S. 91 - 96

GROCHLA, Erwin: Die Kalkulation von öffentlichen Aufträgen, eine Anleitung nach den Bestimmungen der VBöA und LSP, Berlin 1954

GROCHLA, Erwin: Grundlagen der Materialwirtschaft, 3. Aufl., Wiesbaden 1978

GROCHLA, Erwin - KUBICEK, Herbert: Zur Zweckmäßigkeit und Möglichkeit einer umfassenden betriebswirtschaftlichen Beschaffungslehre, in: ZfbF, 28. Jg. (1976), Heft 5, S. 257 - 275

GROTHUS, Horst: Der Anschaffungswert als Bezugsgrundlage der Instandhaltekosten, in: Das Industrieblatt, 60. Jg. (1960), S. 545 - 546

GROTHUS, Horst: Die Planung der Abnutzungskosten industrieller Anlagen, in: REFA-Nachrichten, 16. Jg. (1963), Heft 4, S. 155 - 162

GROTHUS, Horst: Critical path - Ein Terminplanungsverfahren für größere Instandsetzungen, Um- und Neubauten, in: Geplante Schnellinstandsetzung und vorbeugende Instandhaltung für Bergbau-Eisenhütten- und ähnlich gelagerte Industrien, Vortragsveröffentlichungen Haus der Technik e. V., Essen 1964, S. 70 - 75

GROTHUS, Horst: Planzeiten für Instandhaltungsarbeiten, Dorsten 1967

GROTHUS, Horst: Planzeiten für Instandhaltungsarbeiten, in: REFA-Nachrichten, 21.Jg. (1968), Heft 6, S. 297 - 305

GROTHUS, Horst: Schadensfreie Anlagenkonstruktionen, höchste Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit, niedrigste Instandhaltungskosten, Dorsten 1970

GROTHUS, Horst: Schadensgerechte Konstruktion technischer Anlagen, in: Industrielle Organisation, 40. Jg. (1971), Nr. 5, S. 216 - 224

GROTHUS, Horst: Schwachstellen finden und beseitigen, Dorsten 1971

GROTHUS, Horst: Arbeitsvorbereitung von Reparaturen, Dorsten 1972

GROTHUS, Horst: Instandhaltungskosten budgetieren, Dorsten 1973

GROTHUS, Horst: Die Total Vorbeugende Instandhaltung, Dorsten 1973

GROTHUS, Horst: Instandhaltungs-Läger optimal bewirtschaften und organisieren, Dorsten 1976

GROTHUS, Horst: Die Integration der Schadensabwehr - das neue Verständnis von der Vorbeugenden Instandhaltung, in: REFA-Nachrichten, 29. Jg. (1976), Heft 5, S. 281 - 290

GÜRMANN, Klaus - SCHREIBER, Karl: Die Ersatzteilvorratsplanung und ihre Beziehungen zur Bedarfsplanung und Produktionsdisposition, in: Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Ökonomie, 11. Jg. (1966), Heft 3, S. 331 - 343

GÜRMANN, Klaus - SCHREIBER, Karl: Die Ersatzteildisposition für Erzeugnisse der Massen- und Serienfertigung auf der Grundlage von Signalvorratsgrößen, in: Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Ökonomie, 13. Jg. (1968), Heft 2, S. 139 - 147

GUTENBERG, Erich: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Erster Band, Die Produktion, 23. Aufl., Berlin-Heidelberg-New York 1979

HACKENBERG, Werner: Integriertes Funktions-, Planungs- und Entscheidungsmodell für den Aufbau einer systematischen Arbeitsvorbereitung in der Instandhaltung, Diss. Aachen 1971

HACKSTEIN, Rolf - RICHTER, Hartmut: Optionale Instandhaltung - untersucht am Beispiel von Spritz- und Druckgußmaschinen, in: Fortschrittliche Betriebsführung und Industrial Engineering, 24. Jg. (1975), Heft 5, S. 267 - 273

HÄUSER, Karl: Bedürfnis, Bedarf, Gut, Nutzen, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, hrsg. von Erwin GROCHLA und Waldemar WITTMANN, 4. Aufl., Bd. I/1, Stuttgart 1974, Sp. 449 - 463

HALL, Rüdiger: Das Rechnen mit Einflußgrößen im Stahlwerk, Köln und Opladen 1959

HAMMES, A.: Aufbau und Ablauforganisation von Reparatur- und Wartungsarbeiten in Industriebetrieben, Dipl.-Arbeit München 1967

HAMMER, Erwin: Aufpassen bei Werkzeugkosten, in: Instandhaltung, Jg. 1974, Heft 5, S. 26 - 27

HARLING, Klaus: Untersuchung von Instandhaltungssystemen Strahlverkehrsflugzeuge und deren Einflußfaktoren, Diss. Berlin 1969

HARTMANN, B.: Die Planung und Verrechnung von Reparaturkosten, in: KRP, Jg. 1957, Heft 3, S. 101 - 106

HARTMANN, B.: Die Erfassung und Verrechnung innerbetrieblicher Leistungen, Wiesbaden 1956

HARTMANN, Egon: Die Planmäßige Einführung der Schnellreparaturmethode, in: Der Industriebetrieb, 4. Jg. (1956), Heft 5, S. 163f. (I) und Heft 6, S. 229 - 231 (II)

HARTMANN, Karl: Optimale Ersatzteilbemessung, Diss. St. Gallen 1977

HAUSTEIN, Heinz-Dieter: Zum Problem des materiellen und moralischen Verschleißes der gesellschaftlichen Arbeitsmittel in der sozialistischen Industrie, in: Wirtschaftswissenschaft, 5. Jg. (1957), Heft 5, S. 705 - 724

HAX, Herbert: Die Entscheidung zwischen Kauf und Miete (Leasing) von Anlagen, in: ZfbF (Kontaktstudium), 29. Jg. (1977), Heft 2, S. 23 - 30

HAX, Karl: Grundlagen der Betriebsunterbrechungsversicherung, 2. Aufl., Köln und Opladen 1965

HEINEN, Edmund: Das Kapital in der betriebswirtschaftlichen Kostentheorie, Wiesbaden 1966

HEINEN, Edmund: Betriebswirtschaftliche Kostenlehre, 5. Aufl., Wiesbaden 1978

HEISER, H. C.: Budgetierung, Berlin 1964

HENNEKE, A.: Die Verfahren der Arbeitsbewertung, Düsseldorf 1965

HENNIG, Karl-Wilhelm: Betriebswirtschaftslehre der industriellen Erzeugung, Wiesbaden 1960

HERITAGE, John O.: Bessere Instandhaltung bei geringeren Kosten mit Zeitrichtwerten, in: Arbeitsstudium und Instandhaltung, hrsg. vom KURT-HEGENER-INSTITUT DES VERBANDES FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA e. V., Berlin - Köln - Frankfurt a. M. 1963, S. 95 - 108

HERMANN, Friedrich B. W.: Staatswirtschaftliche Untersuchungen, München 1832

HERZIG, Norbert: Die theoretischen Grundlagen betrieblicher Instandhaltung, Meisenheim am Glan 1975

HERZIG, Norbert: Instandhaltung und Investitionsplanung in unterschiedlichen konjunkturellen Phasen, in: Instandhaltung - Ein Managementproblem der Anlagenwirtschaft, Arbeitsbericht Nr. 2 des Arbeitskreises Anlagenwirtschaft der Schmalenbach-Gesellschaft, Köln 1978, S. 245 - 266

HÖHNE, Ernst: Die Instandhaltungs- und Reparaturkosten, in: Stahl und Eisen, 76. Jg. (1956), Nr. 20, S. 1273 - 1283

HÖLZEL, Peter: Zur Lösung von Problemen der Maschineninstandhaltung mit Hilfe der Warteschlangentheorie, in: Operations Research und Datenverarbeitung bei der Instandhaltungsplanung, hrsg. von Karl F. BUSSMANN und Peter MERTENS, Stuttgart 1968, S. 126 - 136

HOFFMANN, Konrad: Abnutzung - Ursache der Instandhaltung, in: Instandhaltung chemischer und artverwandter Industrieanlagen, hrsg. von Gerhard MILDNER, Berlin 1969, S. 27 - 64

HOFMANN, Rolf: Die Probleme der Planung, Durchführung und Überwachung von Investierungen in der Eisen- und Stahlindustrie unter besonderer Berücksichtigung der Situation nach dem 2. Weltkrieg, Diss. Frankfurt/Main 1954

HUMMEL, Siegfried: Die Auswirkungen von Lagerbestandsveränderungen auf den Periodenerfolg - Ein Vergleich der Erfolgskonzeptionen zur Vollkostenrechnung und Direct Costing, in: ZfbF, 21. Jg. (1969), Heft 2/3, S. 155 - 180

HUMMEL, Siegfried: Wirklichkeitsnahe Kostenerfassung, Berlin 1970

HUMMEL, Siegfried: Fixe und variable Kosten - zwei häufig mißverstandene Grundbegriffe der Kostenrechnung, in: KRP, Jg. 1975, Heft 2, S. 63 - 74

HUMMEL, Siegfried und MÄNNEL, Wolfgang: Kostenrechnung 1, Wiesbaden 1978

HUMMEL, Siegfried - MÄNNEL, Wolfgang: Kostenrechnung 2, Wiesbaden 1978

HUMMITSCH, P.: Zuverlässigkeit von Systemen, 2. Aufl., Braunschweig 1965

HUG, Werner: Wirtschaftlichkeitsfragen der Anlagenverbesserung, in: Unterlagen zur Lehrveranstaltung Fertigungswirtschaft V - Industrielle Anlagenwirtschaft, hrsg. von Wolfgang MÄNNEL, Dortmund 1980, S. 331 - 354

HUG, Werner - WEBER, Jürgen: Zum Zeitbezug der Grundrechnung im entscheidungsorientierten Rechnungswesen, in: KRP, Jg. 1980, Nr. 2, S. 81 - 92

HUG, Werner: Grundfragen einer erfolgsorientierten Reserveteilwirtschaft (Veröffentlichung in Vorbereitung)

IHLE, Siegfried: Netzwerkplanung bei der Instandhaltung von E-Loks, in: Schienenfahrzeuge, 11. Jg. (1967), S. 24 - 25

ILCHMANN, W.: Zur Anwendung der Netztechnik bei der Instandhaltung im chemischen Kombinat, in: Chemische Technik, 18. Jg. (1966), Heft 7, S. 427 - 431

JACKE, Siegfried: Zur Übertragung von Optimierungsmodellen der Mehrmaschinenbedienung auf die Instandhaltungsbereitstellungsplanung, in: Operations Research und Datenverarbeitung bei der Instandhaltungsplanung, hrsg. von Karl F. BUSSMANN und Peter MERTENS, Stuttgart 1968, S. 107 - 120

JARDINE, A. K. S.: Decision making in maintenance, in: Constructions, Methods and Equipment, January 1974, S. 35 - 39

JORGENSON, Dale W. - Mc CALL, John J. - RADNER, Roy: Optimal Replacement Policy, Amsterdam 1967

KALTHEGENER, Bernd: Die betriebswirtschaftliche Problematik der industriellen Ersatzteilwirtschaft, Diss. München 1958

KAO, E. P. C.: Optimal Replacement Rules when Changes of State are Semi-Markovian, in: Operations Research, Vol. 21 (1973), S. 1232-1249

KERN, Werner: Die Messung industrieller Fertigungskapazitäten und ihrer Ausnutzung, Köln und Opladen 1962

KERN, Werner: Break-even-Analysis, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, hrsg. von Erwin GROCHLA und Waldemar WITTMANN, 4. Aufl., Bd. I/1, Stuttgart 1974, Sp. 992 - 998

KERN, Werner - FALLASCHINSKY, Karlheinz: Betriebswirtschaftliche Produktionsfaktoren, in: WiSo, Jg. 1978, Heft 12, S. 580 - 584 (I) und Jg. 1979, Heft 1, S. 15 - 18 (II)

KILGER, Wolfgang: Optimale Verfahrenswahl bei gegebenen Kapazitäten, in: Produktionstheorie und Produktionsplanung, Karl Hax zum 65. Geb., hrsg. von Karl MOXTER, Dieter SCHNEIDER und Waldemar WITTMANN, Köln und Opladen 1966, S. 155 - 190

KILGER, Wolfgang: Fixkosten, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, 4. Aufl., hrsg. von Erwin GROCHLA und Waldemar WITTMANN, Bd. 1, Stuttgart 1974, Sp. 1499 - 1504

KILGER, Wolfgang: Produktionsfaktor, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, hrsg. von Erwin GROCHLA und Waldemar WITTMANN, Stuttgart 1975, Bd. I/2, Sp. 3097 - 3101

KILGER, Wolfgang: Plankostenrechnung, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaftslehre, hrsg. von Erwin GROCHLA und Waldemar WITTMANN, 4. Aufl., Bd. I/2, Stuttgart 1975, Sp. 2984 - 3001

KILGER, Wolfgang: Einführung in die Kostenrechnung, Opladen 1976

KILGER, Wolfgang: Flexible Plankostenrechnung - Theorie und Praxis der Grenzplankostenrechnung und Deckungsbeitragsrechnung, 7. Aufl., Opladen 1977

KISTNER, Klaus-Peter: Betriebsstörungen und Warteschlangen, Opladen 1974

KIVIAT, P. J.: Manpower Requirements Prediction and Allocation for Unscheduled Maintenance on Aircraft, The RAND Corporation, Memorandum RM-5215-PR, February 1967

KLEENSANG, M. H. - KOCH, G. A.: Produktionsprogrammabhängige Personalbedarfsplanung, in: Mitteilungen des Forschungsinstitutes für Rationalisierung (TH Aachen), Jg. 1973, Heft 18, S. 1 - 17

KLEINEBECKEL, Herbert: Break-even-Analysen, in: ZfbF, (Kontaktstudium), Jg. (1976), Heft 3, S. 51 - 58

KLOPCIC, Rasto: Leasing, in: Management Enzyklopädie, 4. Bd., München 1971, S. 39 - 52

KNIGHT, C. E.: Setting Up Budgets for Maintenance, in: Maintenance Engineering Handbook, hrsg. von MORROW, C. D., New York - Toronto - London 1957

KNOBBE-KEUCK, Brigitte:
Bilanz- und Unternehmenssteuerrecht, Köln 1977

KOCH, Helmut: Betriebliche Planung, Grundlagen und Grundfragen der Unternehmenspolitik, in: Die Wirtschaftswissenschaften, Reihe A, Nr. 4, hrsg. von Erich GUTENBERG, Wiesbaden 1961, S. 30 - 78

KOCH, Helmut: Grundprobleme der Kostenrechnung, Köln und Opladen 1966

KOCH, Helmut: Das Gesetz vom abnehmenden Kapazitätszuwachs und seine produktionstheoretische Bedeutung, in: Produktionstheorie und Produktionsplanung, Festschrift für Karl Hax zum 65. Geb., hrsg. von Adolf MOXTER, Dieter SCHNEIDER und Waldemar WITTMANN, Köln und Opladen 1966, S. 107 - 153

KÖHLINGER, H.: Die vorbeugende Instandhaltung, Berlin - Köln - Frankfurt a. M., o. J.

KÖLBEL, Herbert - SCHULZE, Joachim: Die Wirtschaftlichkeit der Werkstoffauswahl und des Korrosionsschutzes in der chemischen Industrie, in: Werkstoffe und Korrosion, 15. Jg. (1964), Nr. 2, S. 132 - 150

KÖLBEL, Herbert - SCHULZE, Joachim: Die generalüberholung verfahrenstechnischer Anlagen, in: Chemie-Ingenieur-Technik, 36. Jg. (1964), Heft 1, S. 28 - 35

KÖLBEL, Herbert - SCHULZE, Joachim: Die Organisation der Instandhaltung in Chemiebetrieben, in: Erdöl und Kohle, Erdgas, Petrochemie, 17. Jg. (1964), S. 286 - 291

KÖLBEL, Herbert - SCHULZE, Joachim: Wirtschaftlichkeitskontrolle der Instandhaltung in Chemiebetrieben, in: ZfB, 35. Jg. (1965), 1. Ergänzungsheft, S. 29 - 52

KÖLBEL, Herbert - SCHULZE, Joachim: Die Anlagenrechnung in Chemiebetrieben, in: Chemiker-Zeitung/Chemische Apparatur, 90. Jg. (1966), Heft 3, S. 75 - 90

KÖRBL, Otto: Aufbau der Abteilung Werkserhaltung, in: Maschinenmarkt, 72. Jg. (1966), S. 16 - 17

KÖRNER, F.: Schnellreparaturmethode bei der Deutschen Reichsbahn, in: Der Industriebetrieb, 4. Jg. (1956), Heft 5, S. 163f. (I) und Heft 6 (II), S. 229 - 231

KOGER, E.: Die Kosten der Instandhaltung von Produktionsmitteln, in: Zeitschrift des VDI, 94. Jg. (1952), Nr. 1, S. 15 - 18

KOLLERER, Helmuth: Die betriebswirtschaftliche Problematik von Betriebsunterbrechungen, Berlin 1978

KORNFELD, Leo L.: Lohnkosten für Instandsetzung und Wartung senken, in: Arbeitsstudium und Instandhaltung, hrsg. vom KURT-HEGENER-INSTITUT DES VERBANDES FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA e. V., Berlin - Köln - Frankfurt a. M. 1963, S. 187 - 201

von KORTZFLEISCH, B.: Arbeitsablauforganisation und Delegation von Verantwortung in der Werkserhaltung von Hüttenwerken, in: Klepzig-Fachberichte 1970, S. 186 - 190

KOSIOL, Erich: Anlagenrechnung - Theorie und Praxis der Abschreibungen, Wiesbaden 1955

KOSIOL, Erich: Kritische Analyse der Wesensmerkmale des Kostenbegriffs, in: Betriebsökonomisierung durch Kostenanalyse, Absatzrationalisierung und Nachwuchserziehung, Festschrift für Rudolf Seyffert zu seinem 65. Geburtstag, hrsg. v. Erich KOSIOL und Friedrich SCHLIEPER, Köln und Opladen 1958, S. 7 - 37

KOSIOL, Erich: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre, Wiesbaden 1968

KOSIOL, Erich: Primäre und sekundäre Kosten - Gedanken zur Kostenartenabgrenzung, in: KRP, Jg. 1974, Heft 3, S. 117 - 120

KOSSBIEL, Hugo: Möglichkeiten und Grenzen einer langfristigen Personalbereitstellungsplanung mit Hilfe quantitativer Mathoden, in: Quantitative Ansätze in der Betriebswirtschaftslehre, Bericht von der wissenschaftlichen Tagung des Verbandes der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e. V. vom 1. - 3. Juni 1977 in Darmstadt, hrsg. von Heiner MÜLLER-MERBACH, o. O., o. J., S. 361 - 373

KRAMPE, Willi: Der betriebstechnische Dienst, in: Das Krankenhaus, 66. Jg. (1974), Heft 5, S. 180 - 185

KRAUS, Siegfried: Bedürfnis und Befriedigung, Wien 1931

KRELL, P. G. - RÖMER, G.: Instandhaltungskosten von Transportmitteln erfassen und senken, in: Werkstatttechnik, 66. Jg. (1976), S. 329 - 337

KRELLE, Wilhelm (unter Mitarbeit von Wilhelm SCHEPER): Produktionstheorie, Tübingen 1969

KRESS, Heinz: Untersuchungen zur Bestimmung der optimalen Organisation von Instandhaltungsarbeiten an Fertigungsmaschinen bei Werkstättenfertigung anhand eines Simulationsmodells, Diss. München 1968

KREUL, Johannes: Ermittlung optimaler Instandhaltungsstrategien, in: Energietechnik, 24. Jg. (1974), Heft 10, S. 436 - 442

KRUIJT, J. A.: Die Systemanalyse in der Instandhaltung, in: Stahl und Eisen, 91. Jg. (1971, Nr. 21, S. 1183 - 1187

KUBEIN, J. - KREUZIGER, K.: Anwendung der Netzwerkplanung - Methode des kritischen Weges - bei der Generalreparatur von Werkzeugmaschinen, in: Der Maschinenbau, 15. Jg. (1966), Heft 11, S. 521 - 526

KÜPPER, Willi: Reihenfolgekriterien bei der kurzfristigen Ablaufplanung von Instandhaltungsaufträgen (als Manuskript veröffentlicht), Hamburg 1972

KÜPPER, Willi: Optimierung von Gruppenreparaturen, in: Proceedings in Operations Research 2, hrsg. von Herbert JACOB, Dieter B. PRESSMAR, H. TODT und H. J. ZIMMERMANN, Würzburg-Wien 1973, S. 279 - 293

KÜPPER, Willi: Planung der Instandhaltung, Wiesbaden 1974

KUND, Joachim: Optimierung des Arbeitskräfteeinsatzes in der Instandhaltung, Leipzig 1971

KUNOWSKY, F.: Zur schmiertechnischen Pflege der Werkzeugmaschinen, in: ZwF, 54. Jg. (1959), Heft 5, S. 145 - 151

KURZ, D.: Erleichterte Betriebsmittelinstandhaltung durch zweckmäßige Konstruktionen, insbesondere bei Transferstraßen, in: Industrie-Anzeiger, 81. Jg. (1959), Nr. 69/70, S. 1109 - 1114

LACHNIT, Laurenz: Systemorientierte Jahresabschlußanalyse, Wiesbaden 1979

LAMBRECHT, Wolfgang: Die Optimierung intensitätsmäßiger Anpassungsprozesse, Meisenheim am Glan 1978

LANGE, Christoph: Die betriebliche Anpassung an den Einsatz umweltpolitischer Instrumente, Diss. Dortmund 1976

LANGE, Herbert: Die planmäßig vorbeugenden Reparaturen in Industriebetrieben, Berlin 1956

LANGE, Herbert: Das System der planmäßigen Instandhaltung von Maschinen, in: Werkstattstechnik und Maschinenbau, 48. Jg. (1958), Heft 4, S. 222 - 226

LASCH, K.: Instandhaltungsgerechte Konstruktion von Maschinen, in: Der Maschinenbau, 16. Jg. (1967), Heft 5, S. 201 - 205

LASSMANN, Gert: Die Produktionsfunktion und ihre Bedeutung für die betriebswirtschaftliche Kostentheorie, Köln und Opladen 1958

LAUB, K.: Eigenleistung - Fremdleistung, eine Führungsentscheidung, in: Fachtagung Instandhaltung - Partner der Produktion, Stuttgart, 24./25. 5. 1973, hrsg. vom DEUTSCHEN KOMITEE INSTANDHALTUNG, S. 7/1 - 7/10

LAUE, K.: Anwendung der Netzwerktechnik bei der großen Überholung eines Abraumförderbrückenverbandes, in: Bergbautechnik, 16. Jg. (1966), Heft 7, S. 365 - 375

LAYER, Manfred: Möglichkeiten und Grenzen der Anwendbarkeit der Deckungsbeitragsrechnung im Rechnungswesen der Unternehmung, Berlin 1967

LAYER, Manfred: Die Herstellkosten der Deckungsbeitragsrechnung und ihre Verwendbarkeit in Handels- und Steuerbilanz für die Bewertung unfertiger und fertiger Erzeugnisse, in ZfbF, 21. Jg. (1969), Heft 2/3, S. 131 - 155

LAYER, Manfred: Optimale Kapazitätsausnutzung und Kapazitätsbereitstellung, Sequentielle Produktions- und Investitionsplanung mit Hilfe der Dynamischen Programmierung, Würzburg-Wien 1975

LINTZHÖFT, Helge: Die Kosten für den Einsatz sachlicher Potentialfaktoren, Diss. Hamburg 1968

LUDWIG, Helmut: Die Größendegression der technischen Produktionsmittel, Köln und Opladen 1962

LÜCKE, Wolfgang: Finanzplanung und Finanzkontrolle in der Industrie, Wiesbaden 1965

MÄNNEL, Wolfgang: Die Entstehung von Zwischenlagerungen in Industriebetrieben, in: Industrielle Organisation, 34. Jg. (1965), Nr. 1, S. 17 - 34

MÄNNEL, Wolfgang: Die Wahl zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug; Theoretische Grundlagen - praktische Fälle, Herne/Berlin 1968

MÄNNEL, Wolfgang: Wirtschaftlichkeitsfragen der Anlagenerhaltung, Wiesbaden 1968

MÄNNEL, Wolfgang: Selbermachen oder Kaufen?, erweiterte deutsche Bearbeitung des Buches "Make or Buy" von Harry Groß, München 1969

MÄNNEL, Wolfgang: Wirtschaftlichere Fertigung durch Verhütung von Anlagenausfällen, in: ZwF, 64. Jg. (1969), Heft 2, S. 92 - 95 (I), Heft 3, S. 137 - 140 (II)

MÄNNEL, Wolfgang: Vermeidung von Anlagenausfällen und Ausfallschäden, in: Maschinenmarkt, 75. Jg. (1969), Nr. 27, S. 516 - 518

MÄNNEL, Wolfgang: Kostenspaltung, in: Management Enzyklopädie, 3. Bd., München 1970, S. 1144 - 1151

MÄNNEL, Wolfgang: Eigenfertigung/Fremdbezug, in: Management Enzyklopädie, 2. Bd., München 1970, S. 353 - 367

MÄNNEL, Wolfgang: Inspektion von Anlagen, in: Management Enzyklopädie, 3. Bd., München 1970, S. 591 - 598

MÄNNEL, Wolfgang: Vorbeugende Instandhaltung, eine Einführung und Bibliographie, in: Schriftenreihe "Arbeitsvorbereitung", Heft 6, hrsg. vom AUSSCHUSS FÜR WIRTSCHAFTLICHE FERTIGUNG e. V., Frankfurt a. M. und Berlin 1971

MÄNNEL, Wolfgang: Grundlagen des Kostenvergleichs zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug (I), in: KRP, Jg. 1971, Heft 4, S. 147 - 154

MÄNNEL, Wolfgang: Eigen- oder Fremdreparatur?, in: Maschine und Manager, Jg. 1972, Heft 1/2, S. 32 - 40

MÄNNEL, Wolfgang: Wirtschaftliche Vorteile und Möglichkeiten der Bekämpfung von Maschinenausfallschäden, in: Der Betriebs-Berater, Jg. 1972, Beilage zu Heft 16, S. 46 - 54

MÄNNEL, Wolfgang: Deckungsbeitragsrechnung und Bilanzierung, Teil I: Die Bewertung von Halb- und Fertigfabrikaten, in: Betriebswirtschafts-Magazin, Jg. 1972, Nr. 11, S. 539 - 542 und Teil II: Handels- und steuerrechtliche Bestandsbewertungsvorschriften, ebenda, Nr. 12, S. 593 - 596

MÄNNEL, Wolfgang: Die wirtschaftliche Bedeutung qualitativer Unterschiede zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug, in: Entscheidungen zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug in der Praxis, hrsg. von Wolfgang MÄNNEL, Herne-Berlin 1973, S. 63 - 103

MÄNNEL, Wolfgang: Die wirtschaftlichen Aspekte der Planung von Inspektionszyklen, in: Blick durch die Wirtschaft, 16. Jg. (1973), Nr. 30, S. 2

MÄNNEL, Wolfgang: Kostengünstige Bearbeitungsreihenfolge für Instandhaltungs-Projekte, in: KRP, Jg. 1973, Heft 1, S. 21 - 28

MÄNNEL, Wolfgang: Zeitbedarfsplanung für Instandhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen, in: Der Betriebswirt, 14. Jg. (1973), Heft 2, S. 29 - 30

MÄNNEL, Wolfgang: Eigenfertigung und Fremdbezug, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, 4. Aufl., Stuttgart 1974, Bd. I/1, hrsg. von Erwin GROCHLA und Waldemar WITTMANN, Sp. 1231 - 1237

MÄNNEL, Wolfgang: Anlagen und Anlagenwirtschaft, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, hrsg. von Erwin GROCHLA und Waldemar WITTMANN, 4. Aufl., Stuttgart 1974, Bd. I/1, Sp. 138 - 147

MÄNNEL, Wolfgang: Planung der Reparatur bei schwankenden Reparaturkosten, in: ZwF, 69. Jg. (1974), Heft 2, S. 86

MÄNNEL, Wolfgang: Wesen, Aufgaben und Bedeutung der Beschaffungsplanung, in: Journal für Betriebswirtschaft, 26. Jg. (1976), Heft 4, S. 219 - 240

MÄNNEL, Wolfgang: Risikominderung beim Übergang zum Fremdbezug?, in: Der Betrieb, 29. Jg. (1976), S. 1249 - 1252

MÄNNEL, Wolfgang: Neuere Entwicklungslinien auf dem Gebiet der Kosten-, Leistungs- und Erfolgsrechnung, in: Die Betriebswirtschaft, 37. Jg. (1977), Heft 4, S. 627 - 646

MÄNNEL, Wolfgang: Abgrenzung und organisatorische Einordnung der Anlagenwirtschaft im Industriebetrieb, in: ZfbF (Kontaktstudium), 30. Jg. (1978), Heft 3, S. 51 - 59

MÄNNEL, Wolfgang: Die Stellung der Instandhaltung im Rahmen der Anlagenwirtschaft, in: Instandhaltung - Ein Managementproblem der Anlagenwirtschaft, 2. Arbeitsbericht des ARBEITSKREISES ANLAGENWIRTSCHAFT DER SCHMALENBACH-GESELLSCHAFT, Köln 1978, S. 17 - 61

MÄNNEL, Wolfgang: Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Inspektionen, in: Fachtagung Instandhaltung '78, Inspektion, Wiesbaden, 17. und 18. Oktober 1978, hrsg. vom DEUTSCHEN KOMITEE INSTANDHALTUNG, o. O. 1978, S. III/1 - III/20

MÄNNEL, Wolfgang: Produktionsanlagen, Eignung von, in: Handwörterbuch der Produktionswirtschaft, hrsg. von Werner KERN, Stuttgart 1979, Sp. 1465 - 1481

MÄNNEL, Wolfgang: Anlagenausmusterung und -verwertung als Wirtschaftlichkeitsproblem, in: Unterlagen zur Lehrveranstaltung Fertigungswirtschaft V - Industrielle Anlagenwirtschaft, hrsg. von Wolfgang MÄNNEL, Dortmund 1980, S. 355 - 379

MÄNNEL, Wolfgang: Anlagenwirtschaft, Organisation der, in: Handwörterbuch der Organisation, hrsg. von Erwin GROCHLA, 2. Aufl., Stuttgart 1980, Sp. 65 - 78

MÄNNEL, Wolfgang: Theorie der Produktionswirtschaft, in: Unterlagen zur Lehrveranstaltung Fertigungswirtschaft IV - Industrielle Beschaffungs- und Materialwirtschaft, Dortmund 1980

MÄNNEL, Wolfgang: Die Wahl zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug - Theoretische Grundlagen - praktische Fälle, 2. Aufl., Stuttgart 1980

MÄNNEL, Wolfgang: Anlagenausfallkosten, in: Handbuch Instandhaltung (Veröffentlichung in Vorbereitung),

MAHLERT, Arno: Die Abschreibungen in der entscheidungsorientierten Kostenrechnung, Opladen 1976

MALCOLM, Donald G.: System Simulation - A Fundamental Tool for Industrial Engineering, in: The journal of Industrial Engineering, Vol. 9 (1958), No. 3, S. 177 - 187

MALERI, Rudolf: Grundzüge der Dienstleistungsproduktion, Berlin-Heidelberg-New York 1973

MANSFIELD, E.: The Economics of Technological Change, New York 1968

MARX, Alois: Pflege, Reparatur und Wartung von Flurförderzeugen, in: Mitteilungen des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung e. V., 37. Jg. (1962), Nr. 11, S. 46 - 48

MATTERNE, Kurt: Zur Bestimmung des Nutzeffekts von Reparaturen in der sozialistischen Industrie, in: Wirtschaftswissenschaft, 7. Jg. (1959), Heft 8, S. 1213 - 1225

MATTERNE, Kurt: Nutzungseffekt und Finanzierung von Reparaturen, Berlin 1963

MAYNARD, Harold B. - STEGEMERTEN, G. J.: Universelle Instandhaltungsrichtwerte, in: Arbeitsstudium und Instandhaltung, hrsg. vom KURT-HEGENER-INSTITUT DES VERBANDES FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA e. V., Berlin - Köln - Frankfurt a. M. 1963, S. 167 - 186

MELLEROWICZ, Konrad: Betriebswirtschaftslehre der Industrie, 6. Aufl., Bd. I, Freiburg im Breisgau 1968

MELLEROWICZ, Konrad: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Bd. 1, Berlin 1968

MELLEROWICZ, Konrad: Kostenpolitik und Kostentransparenz bei der Instandhaltung von Maschinenanlagen, in: Schmiertechnik und Tribologie, 15. Jg. (1968), Heft 2, S. 70 - 72 und S. 75 - 76

MENRAD, Siegfried: Kosten und Leistung, in: Handwörterbuch des Rechnungswesens, hrsg. v. Erich KOSIOL, Stuttgart 1970, Sp. 870 - 879

MERTENS, Peter: Die gegenwärtige Situation der betriebswirtschaftlichen Instandhaltungstheorie, in: ZfB, 38. Jg. (1967), S. 805 - 836

MERTENS, Peter: Instandhaltungsplanung, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, hrsg. von Erwin GROCHLA und Waldemar WITTMANN, 4. Aufl., Bd. I/2, Stuttgart 1975, Sp. 1966 - 1970

MERTENS, Peter: Die Auswahl einer Instandhaltungsstrategie, in: ZfO, 41. Jg. (1972), Heft 6, S. 297 - 304

MERTENS, Peter: Instandhaltungsstrategien, in: Veröffentlichungen zum 1. Europäischen Kongreß Instandhaltung, Wiesbaden 1972, S. 97 - 118

MEYER, Claus: Kennzahlen und Kennzahlensysteme, Stuttgart 1976

MEYER, Heinz-Joachim - WELTI, Otto: Wartung von Werkzeugmaschinen und Werkzeugen, München 1968

von MICKUSCH-BUCHBERG: Kostengünstige Bearbeitungsreihenfolge für Instandhaltungsprojekte, in: KRP, Jg. 1974, Heft 2, S. 91f.

MIDDELMANN, Ulrich: Grundlagen der Planung und Kontrolle von Instandhaltungskosten in der Eisen- und Stahlindustrie, in: ZfbF (Kontaktstudium), 28. Jg. (1976), Heft 3, S. 43 - 49

MIDDELMANN, Ulrich: Bedarfsorientierte Planung von Instandhaltungskosten, in: KRP, Jg. 1977, Heft 6, S. 259 - 268

MIDDELMANN, Ulrich: Planung der Anlageninstandhaltung, Wiesbaden 1977

MIETH, Heribert: Entwicklung einer allgemeinen Zeitbilanz für hüttenmännische Betriebsmittel, in: Stahl und Eisen, 81. Jg. (1961), Nr. 7, S. 422 - 431

MILDNER, Gerhard: Hilfsprozeß Instandhaltung, in: Instandhaltung chemischer und artverwandter Industrieanlagen, hrsg. von Gerhard MILDNER, Berlin 1969, S. 81 - 92

MILDNER, Gerhard - JAROSCH, Gerhard: Grundlagen der Instandhaltung, 2. Aufl., Leipzig 1974

MÖLLER, G.: Vorschlag zur Prämienentlohnung in der Instandhaltung, in: ZwF, 20. Jg. (1975), Heft 8, S. 462 - 463

MOODY, H.: Network Analysis for the Planning and Control of Maintenance Work, in: Management of Industrial Maintenance, ed. by KELLY, Q. and HARRIS, M. J., London-Boston 1978, S. 126 - 147

MORGHEN, D. - EBERHARDT, K.: Kostensenkung durch geplante Instandhaltung, in: Werkstatt und Betrieb, 106. Jg. (1973), Heft 7, S. 459 - 465

MORSE, Philipp M.: Queues, Inventories and Maintenance, New York 1958

MÜLLER, Adolf: Grundzüge der industriellen Kosten- und Leistungserfolgsrechnung, Köln und Opladen 1955

MÜLLER, Heinrich: Der Soll-Ist-Kosten-Vergleich, in: Grenzplankostenrechnung und Datenverarbeitung, hrsg. von Hans-Georg PLAUT, Heinrich MÜLLER und Werner MEDICKE, 3. Aufl., München 1973, S. 61 - 194

MÜLLER-MERBACH, Heiner: Optimale Reihenfolgen, Berlin-Heidelberg-New York 1970

MÜLLER-OEHRING, H. - HERZIG, Norbert: Wirtschaftlichkeitsprobleme der Instandhaltung, in: Instandhaltung - Ein Managementproblem der Anlagenwirtschaft, Arbeitsbericht Nr. 2 des Arbeitskreises Anlagenwirtschaft der Schmalenbach-Gesellschaft, Köln 1978, S. 219 - 244

MURPHY, M. J.: Normale Leistungen auch in der Instandhaltung, in: Arbeitsstudium und Instandhaltung, hrsg. vom KURT-HEGENER-INSTITUT DES VERBANDES FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA e. V., Berlin-Köln-Frankfurt a. M. 1963, S. 9 - 10

MUSIL, Engelbert Peter: Instandhaltungspolitik - Erhaltung und Nutzungsdauer von Anlagen, Diss. Wien 1963

NASTANSKY, Ludwig: Stillegungsentscheidungen, Zusammenfassung einiger Ergebnisse einer empirischen Untersuchung zur Handhabung des Stillegungsproblems in der unternehmerischen Praxis, in: ZfB, 47. Jg. (1977), S. 593 - 598

NÄSLUND, B.: Simultaneous Determination of Optimal Repair Policy and Service Life, in: Swedish Journal of Economics, 68. Jg. (1966), S. 63 - 73

NAUMANN, W. und WILHELM, G.: Die planmäßige Pflege und Wartung von Werzeugmaschinen, in: Der Maschinenbau, 13. Jg. (1964), Heft 3, S. 110 - 114

NEUMANN, Günther: Methode zur Verkürzung der Sucharbeit bei elektrischen Instandsetzungsarbeiten, in: Geplante Schnell-Instandsetzung und vorbeugende Instandhaltung für Bergbau-, Eisenhütten- und ähnlich gelagerte Industrien, hrsg. vom HAUS DER TECHNIK e. V., Essen 1964, Vortragsveröffentlichungen, Heft 11, S. 46 - 59

NEUMANN, J.: Die planmäßige Instandhaltung elektrischer Betriebsmittel, in: Werkstattstechnik und Maschinenbau, 45. Jg. (1955), Heft 2, S. 54 - 58

NEUMAYER, W. W.: Planung und Verrechnung der Maschinenreparaturkosten, in: ZfB, Jg. 1950, Nr. 1, S. 53 - 56

NEUMEISTER, Eckard: Instandhaltungsstrategien bei unsicherer Information über die Ausfallverteilung, in: Operations Research und Datenverarbeitung bei der Instandhaltungsplanung, hrsg. von Karl F. BUSSMANN und Peter MERTENS, Stuttgart 1968, S. 73 - 82

NEUVIANS, G. - ZIMMERMANN, H. J.: Die Ermittlung optimaler Ersatz- und Instandhaltungspolitiken mit Hilfe des dynamischen Programmierens, in: Ablauf- und Planungsforschung, 11. Jg. (1970), Heft 2, S. 94 - 104

NEWBROUGH, E. T.: Effective Maintenance Management, New York 1967

NIEDEREICHHOLZ, Christel: Heuristische Verfahren der transportkostenoptimalen Betriebsmittelzuordnung, in: ZfB, Jg. 1975, Nr. 11, S. 725 - 742

NIESEN, Gerd: Die Betriebserhaltung im chemischen Großbetrieb (unveröffentlichte Diplomarbeit), Köln 1966

van OETEREN, K. A.: Korrosionsschutz durch Anstrichstoffe, Stuttgart 1963

OESTERER, Dieter: Auswahl einer optimalen Ersatzstrategie mit Hilfe eines Entscheidungsdiagrammes, in: Zeitschrift for Operations Research, Bd. 17 (1973), S. B39 - B46

o. V.: What Industry is Spending Today for Maintenance, in: Factory, Jg. 1959, S. 72 - 75

o. V.: Organisation der planmäßigen Instandhaltung von Fertigungseinrichtungen, in: VDI-Richtlinien, hrsg. vom VDI, Nr. 3005, o. O. 1960, S. 1 - 7

o. V.: Instandsetzungsmethoden, in: Krafthand, 36. Jg. (1963), S. 533 - 535

o. V.: Das Ersatzteillager, in: Krafthand, 36. Jg. (1963), Heft 5, S. 175 - 181, Heft 6, S. 220 - 223 und S. 228 - 231

o. V.: Paste für Schnellreparaturen, in: Betriebstechnik, Jg. 1972, Heft 3, S. 54

o. V.: Technische Überwachungsvereine - Verträgt keinen Wettbewerb, in: Wirtschaftswoche, 32. Jg. (1978), Heft 32, S. 14 - 22

o. V.: Nachts kommen die Wartungsspezialisten - Die Industrieinstandhaltung ist ein Wachstumsmarkt, in: FAZ vom 6. 2. 1978, Nr. 30, S. 9

o. V.: Walzenbeschichtung erleichtert Reinigung, in: Blick durch die Wirtschaft, Nr. 44, 23. 2. 1978, S. 7

o. V.: Die Veranlagung zur Einkommensteuer 1978, Düsseldorf 1979

OPFERMANN, Klaus: Kostenoptimale Zuverlässigkeit produktiver Systeme, Wiesbaden 1968

ORDELHEIDE, Dieter: Instandhaltungsplanung, Wiesbaden 1973

PAUER, W.: Condition Monitoring im Schiffsbetrieb, in: Fachtagung Instandhaltung '78 - Inspektion, Wiesbaden 17. und 18. 10. 1978, hrsg. vom DEUTSCHEN KOMITEE INSTANDHALTUNG, o. O., o. J. (1978), S. IV/1 - 26

PAUL, Robert C.: Servicing electronic equipment, in: Hospitals, Chicago, Vol. 45 (1971), No. 5, S. 102 - 105

PEINEKE, H. H.: Instandhaltung von Werkzeugmaschinen, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1950, S. 15f.

PELZ, Peter: Vergleich von Wartungsstrategien für n unabhängige Fertigungsaggregate, Diplomarbeit München 1966

PEYER, Alexander: Wann sind Produktionsmaschinen instandhaltungsfreundlich?, in: Industrielle Organisation, 44. Jg. (1975), Nr. 5, S. 223 - 226

PHILIPPS, T. E.: Machine Repair as a Priority Waiting-Line Problem, in: Operations Research, Vol. 4 (1956), S. 76 - 85

PIEGERT, Rudolf: Die Bedeutung der Kontrolle und Überwachung der automatischen Werkzeugmaschinen, in: Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Maschinenbau, Karl-Marx-Stadt, 7. Jg. (1965), Heft 5, S. 5 - 10

PILZ, Volker F. - SCHACHT, Norbert - THEIS, Wolfgang: Langfristige Grobplanung in der Instandhaltung, in: Fortschrittliche Betriebsführung und Industrial Engineering, 24. Jg. (1975), Heft 2, S. 95 - 98

PLAUT, Hans-Georg: Grundfragen und Praxis der Grenzplankostenrechnung, in: Grenzplankostenrechnung und Datenverarbeitung, hrsg. von Hans-Georg PLAUT, Heinrich MÜLLER und Werner MEDICKE, 3. Aufl., München 1973, S. 21 - 51

PRESSMAR, Dieter B.: Kosten- und Leistungsanalyse im Industriebetrieb, Wiesbaden 1971

PRÜSS, Dieter - RENKES, Dieter - STEINHAUSER, Hugo - SIMON, Hans: Der Instandhaltungs- und Reparaturbetrieb im Hüttenwerk, in: Stahl und Eisen, 84. Jg. (1964),Nr. 17, S. 1075 - 1081

PUSCHER, Jörn-Wilfried Fedor: Theoretisches Modell zur Beurteilung von Instandhaltungsstrategien unter Beachtung der Verhältnisse im Steinkohlenbergbau des Ruhrgebietes, Diss. Aachen 1977

QUEISSER, G.: Instandhaltung von Automatisierungsanlagen, Berlin 1967

QUEISSER, R.: Reparieren oder austauschen - das ist die Frage, die leidigen Ersatzteilpreise, in: Das Nutzfahrzeug, 20. Jg. (1968), Heft 9, S. 456 - 459

RADNER, Roy - JORGENSON, Dale W.: Opportunistic Replacement of a single Part in the Presense of several monitored Parts, in: Management Science, Vol. 10 (1963), No. 1, S. 70 - 84

RÄDEKER, W.: Korrosionsschutz von Stahl durch Verzinken, in: Industrie-Anzeiger, Jg. 1961, S. 1851 - 1854

REDEKER, Georg: Technische und betriebswirtschaftliche Grundlagen für die Methodenwahl bei der Erhaltung betrieblicher Anlagen, Diss. Hannover 1969

REDEKER, Georg: Schadensfolgekosten-Ermittlung als Planungsgrundlage für die vorbeugende Instandhaltung, in: Industrielle Organisation, 40. Jg. (1971), Nr. 5, S. 211 - 215

REDEKER, Georg: Bestimmung des optimalen Lagerbestandes an Instandhaltungsmaterial und Ersatzteilen, Berlin-Köln-Frankfurt a. M. 1973

REHWINKEL, Gert: Optimale Bearbeitungsreihenfolgen von Instandhaltungsprojekten, in: KRP, Jg. 1976, Heft 3, S. 125 - 130

REHWINKEL, Gert: Erfolgsorientierte Reihenfolgeplanung, Wiesbaden 1978

REICHEL, K.: Die Bedarfsermittlung von Ersatzteilen, in: Der Maschinenbau, 15. Jg. (1966), Heft 12, S. 599 - 605

REICHMANN, Thomas: Die Abstimmung von Produktion und Lager bei saisonalem Absatzverlauf, Köln-Opladen 1968

REICHMANN, Thomas: Kosten und Preisgrenzen, Wiesbaden 1973

REICHMANN, Thomas - LACHNIT, Laurenz: Planung, Steuerung und Kontrolle mit Hilfe von Kennzahlen, in: ZfbF, 28. Jg. (1976), S. 705 - 723

REICHMANN, Thomas: Wirtschaftliche Vorratshaltung, eine gemeinsame Aufgabe für Einkauf, Materialwirtschaft und Betriebsleitung, in: ZfB, 48. Jg. (1978), Nr. 7, S. 565 - 578

REICHWALD, Ralf: Arbeit als Produktionsfaktor, München 1977

REICHWALD, Ralf - SIEVI, Christian: Produktionswirtschaft, in: Industriebetriebslehre, hrsg. von Edmund HEINEN, 4. Aufl., Wiesbaden 1975, S. 281 - 418

REISS, S.: Netzwerkplanung im Reparaturwesen der Kraftwerke, in: Energietechnik, 16. Jg. (1966), Heft 1, S. 25 - 30

RENKES, Dieter: Organisation und Planung der Instandhaltung in Hüttenwerken, in: Stahl und Eisen, 89. Jg. (1969), Nr. 22, S. 1226 - 1231

RENKES, Dieter: Reserveteilwirtschaft, in: Stahl und Eisen, 94. Jg. (1974), Nr. 3, S. 87 - 93

RICE, Robert S.: Richtwerte als Leistungsmaßstab, in: Arbeitsstudium und Instandhaltung, hrsg. vom KURT-HEGENER-INSTITUT DES VERBANDES FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA e. V., Berlin-Köln-Frankfurt a. M. 1963, S. 55 - 63

RIEBEL, Paul: Elastizität des Betriebes, Köln und Opladen 1954

RIEBEL, Paul: Kostengestaltung bei chargenweiser Produktion, in: Der Industriebetrieb und sein Rechnungswesen, Festschrift für M. R. Lehmann; hrsg. von C. E. SCHULZ, Wiesbaden 1956, S. 136 - 155

RIEBEL, Paul: Das Rechnen mit relativen Einzelkosten und Deckungsbeiträgen als Grundlage unternehmerischer Entscheidungen im Fertigungsbereich, in: Neue Betriebswirtschaft, 14. Jg. (1961), S. 145 - 154

RIEBEL, Paul: Industrielle Erzeugungsverfahren in betriebswirtschaftlicher Sicht, Wiesbaden 1963

RIEBEL, Paul: Die Bereitschaftskosten in der entscheidungsorientierten Unternehmerrechnung, in: ZfbF, 22. Jg. (1970), Heft 4, S. 372 - 386

RIEBEL, Paul: Überlegungen zur Formulierung eines entscheidungsorientierten Kostenbegriffs, in: Quantitative Ansätze in der Betriebswirtschaftslehre, hrsg. von Heiner MÜLLER-MERBACH, Bericht von der wissenschaftlichen Tagung des Verbandes der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e. V. vom 1. bis 3. Juni 1977 in Darmstadt, München 1978, S. 127 - 146

RIEBEL, Paul: Eigen- oder Fremdtransport, die Antwort aus betriebswirtschaftlicher Sicht, in: Schriftenreihe der Gesellschaft für Verkehrsbetriebslehre e. V., Heft 5, Jg. 1978, S. 3 - 56

RIEBEL, Paul: Einzelkosten- und Deckungsbeitragsrechnung, 3. Aufl., Opladen 1979

RIEMSCHNEIDER, Gerhard: Das Ersatzteilwesen als betriebswirtschaftliche Aufgabe, in: ZfhF, 15. Jg. (1963), S. 109 - 120

RIETDORF, Bernd: Die planmäßige Anlagenerhaltung von Werkzeugmaschinen und ihr Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit eines Fertigungsbetriebes, Diss. Aachen 1963

RINNE, Horst: Strategien der Instandhaltung, Meisenheim am Glan 1972

RINNE, Horst: Untersuchungen über optionale Präventivstrategien in der Instandhaltung, in: Zeitschrift für Operations Research, Bd. 17 (1973), S. B13 - B24

ROBBINS, M. D.: Predicting Your Maintenance Costs, in: Chemical Engineering, 66. Jg. (1959), S. 172 - 178

ROBBINS, M. D.: Is this a better Tool for You?, in: Chemical Engineering, 66. Jg. (1959), S. 140 - 146

ROBERTS, N. H.: Mathematical Methods in Reliability Engineering, New York-Toronto-London 1964

ROLF, Horst: Das Problem der optimalen Größe von Reparaturwerkstätten in Betrieben der Eisen schaffenden Industrie, Diss. Köln 1960

ROSE, Gerd: Die Synchronisation von Anlageneruerung und technischem Fortschritt, Diss. Köln 1954

SANFLEBER, H. - OLLENSCHLÄGER, G. - SCHUMACHER, J.: Kosten der Instandhaltung, in: Instandhaltung - Ein Managementproblem, hrsg. vom ARBEITSKREIS INSTANDHALTUNG DER SCHMALENBACH-GESELLSCHAFT, Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen Nr. 2383, Köln 1974, S. 52 - 76

SANFLEBER, H. - OLLENSCHLÄGER, G. - SCHUMACHER, J.: Kosten der Instandhaltung, in: Instandhaltung - Ein Managementproblem der Anlagenwirtschaft, Arbeitsbericht Nr. 2 des Arbeitskreises Anlagenwirtschaft der Schmalenbach-Gesellschaft, Köln 1978, S. 163 - 206

SAUERMANN, Michael: Zum Problem des Sicherheitsbestandes im Lagerbereich der Unternehmung, Diss. Frankfurt a. M. 1970

SCHÄFER, Gerhard: Die Abgrenzung der Reparaturkosten - ein vernachlässigtes Problem, in: KRP, Jg. 1964, Heft 1, S. 31 - 36

SCHÄFER, Erich: Die Unternehmung, Opladen 1974

SCHÄFER, Erich: Der Industriebetrieb, 2. Aufl., Wiesbaden 1978

SCHÄRER, Frank: Instandhaltungsorganisation im Großbetrieb, in: Industrielle Organisation, 43. Jg. (1974), Heft 5, S. 235 - 242

SCHÄTZLE, G.: Technischer Fortschritt und Produktionsfunktion, in: Produktionstheorie und Produktionsplanung, Festschrift zum 65. Geburtstag von Karl Hax, hrsg. von MOXTER, Adolf - SCHNEIDER, Dieter - WITTMANN, Waldemar, Köln und Opladen 1966, S. 37 - 61

SCHEER, August-Wilhelm: Sensitivitätsanalysen der Vorteilhaftigkeit vorbeugender Ersatzstrategien für stochastisch ausfallende komplexe Produktionssysteme, in: Proceedings in Operations Research 2, hrsg. von Herbert JACOB, Dieter B. PRESSMAR, H. TODT und H. J. ZIMMERMANN, Würzburg-Wien 1973, S. 319 - 332

SCHEER, August-Wilhelm: Instandhaltungspolitik, Wiesbaden 1974

SCHEER, August-Wilhelm: Instandhaltung, strategische Modelle zur, in: Handwörterbuch der Produktionswirtschaft, hrsg. v. Werner KERN, Stuttgart 1979, Sp. 823 - 838

SCHELO, Stephan Jürgen: Integrierte Instandhaltungsplanung und -steuerung mit elektronischer Datenverarbeitung, Berlin 1972

SCHERHORN, Gerhard: Bedürfnis und Bedarf, Berlin 1959

SCHLIEPER, B.: Getriebeuntersuchung mit Hilfe von Endoskopen, in: Fachtagung Instandhaltung '78, Wiesbaden, 17. und 18. 10. 1978, hrsg. vom DEUTSCHEN KOMITEE INSTANDHALTUNG, o. O., o. J. (1978), S. V/1 - 8

SCHILLING, Heinrich: Planmäßige Anlagenpflege und Anlagenerhaltung in der chemischen Industrie, Diss. Darmstadt 1958

SCHMALENBACH, Eugen: Dynamische Bilanz, 13. Aufl., Köln und Opladen 1962

SCHMALENBACH-GESELLSCHAFT: Anlagenwirtschaft - Teil einer erfolgreichen Unternehmensführung, Fachgespräch im Haus der Technik e. V., Essen 1976

SCHMIDT, Friedhelm: Die Bestimmung des Produktionsmittelstandortes in Industriebetrieben, Berlin 1965,

SCHMIDT, Günter: Ersatzteilhaltung beim Herstellen verspricht viele Vorteile, in: Die Wirtschaft, 22. Jg. (1967), Heft 5, S. 14

SCHMIDT, Regine: Die Produktionsfunktion in betriebswirtschaftlicher Sicht, Diss. Köln 1967

SCHMIDT, Reinhart: Kapazitätsplanung in stochastischen Produktionssystemen, Meisenheim am Glan 1968

SCHMITZ, R.: Gaschromatische Untersuchungen von Transformatorenöl, in: Fachtagung Instandhaltung '78 - Inspektion, Wiesbaden, 17. und 18. 10. 1978, hrsg. vom DEUTSCHEN KOMITEE INSTANDHALTUNG, o. O., o. J. (1978), S. XIV/1 - 12

SCHNEEWEISS, H.: Entscheidungskriterien bei Risiko, Berlin-Heidelberg-New York 1967

SCHNEIDER, Dieter: Die wirtschaftliche Nutzungsdauer von Anlagegütern als Bestimmungsgrund der Abschreibungen, Köln und Opladen 1961, S. 35f.

SCHNEIDER, Dieter: "Lernkurven" und ihre Bedeutung für die Produktionsplanung und Kostentheorie, in: ZfbF, 17. Jg. (1965), S. 501 - 515

SCHNEIDER, L. J.: Predicting Burn-in Time by Computer Analysis, in: Annals of Reliability and Maintenability Conference, New York 1966

SCHNUTENHAUS, O. R.: Absatzpolitik und Unternehmensführung, Freiburg 1961

SCHÖNE, Günter Klaus: Das Problem der Erhaltung in der Betriebswirtschaftslehre, Diss. Mannheim 1963

SCHRÖDER, Hans-Horst: Zum Problem einer Produktionsfunktion für Forschung und Entwicklung, Meisenheim am Glan 1973

SCHULZ, Carl Ernst: Die Anlagenunterhaltungskosten, in: Der Wirtschaftstreuhänder, Jg. 1943, Heft 3, S. 144 - 150

SCHULZ, Carl Ernst: Die Anlageeinheiten, Grundsätze zur Unterscheidung zwischen aktivierungs- und nicht aktivierungspflichtigem Aufwand, in: Die Wirtschaftsprüfung, 4. Jg. (1951), Heft 15, S. 337 - 341

SCHUSTER, Brigitte: Die Vorbereitung der Fertigung, Köln-Bonn 1973

SCHUSTER, Eberhard: Durch instandhaltungsgerechte Konstruktion zur Verringerung des Instandhaltungsaufwandes, in: Bergbautechnik, 17. Jg. (1967), Heft 6, S. 299 - 305

SCHWAB, Hermann: Modelltechnologische Grundlagen betrieblicher Anlagenwirtschaft, Zürich, Frankfurt a. M., Thun 1978

SCHWALBE, H.-J.: Schallemissionsmessung an Gleitlagern zur Schadensfrüherkennung, in: Fachtagung Instandhaltung '78, - Inspektion, Wiesbaden, 17. und 18. 10. 1978, hrsg. vom DEUTSCHEN KOMITEE INSTANDHALTUNG, o. O., o. J. (1978), S. VIII/1 - 8

SCHWARZ, Friedrich: Die Ermittlung der optimalen Reparatur- oder Ersatzstrategie mit Hilfe der Simulation und mit Hilfe analytischer Methoden, in: Operations Research und Datenverarbeitung bei der Instandhaltungsplanung, hrsg. von Karl F. BUSSMANN und Peter MERTENS, Stuttgart 1968, S. 40 - 51

SCHWEITZER, Marcell - KÜPPER, Hans-Ulrich: Produktions- und Kostentheorie der Unternehmung, Reinbek bei Hamburg 1974

SCHWINN, Rolf: Überlegungen zur Bestimmung des optimalen Zeitpunktes von Maßnahmen der Anlagenunterhaltung und des Anlagenersatzes, in: Beiträge zur Unternehmensforschung, Festschrift für W. F. Riester zum 70. Geb., hrsg. von Rolf SCHWINN, Würzburg-Wien 1972, S. 211 - 231

SCHWINN, Rolf: Die Bestimmung der optimalen Geschwindigkeit bei der Durchführung von Instandhaltungsarbeiten, in: ZfB, 46. Jg. (1976), S. 627 - 646

SCUTTER, A. K.: Repair, Renewals, Improvements and Alterations, in: Accountancy, Vol. 81 (1970), S. 726 - 729 und S. 769 - 772

SEITZ, Ulrich: Erfahrungen beim Einsatz von Fremdleistungen in der Instandhaltung, in: VDI-Berichte, Nr. 215, Düsseldorf 1974, S. 79 - 84

SERGEANT, F.: Geplante Instandhaltung und Wartung in der Stahlindustrie, in: Arbeitsstudium und Instandhaltung, hrsg. von REFA e. V., Berlin, Köln, Frankfurt a. M. 1963, S. 41 - 52

SIEBERT, W.: Komplexe Planung, zentrale Lagerung und Belieferung von Verschleiß- und Ersatzteilen, in: Bergbautechnik, 17. Jg. (1967), Heft 11, S. 605 - 607

SIEBOLD, Klaus: Aufgaben und weitere Entwicklung der Instandhaltung in der Energiewirtschaft, in: Neue Bergbautechnik, 1. Jg. (1971), Heft 3, S. 164 - 169

SMITH, C. S.: Quality and Reliability, An Integrated Approach, London 1969

SPICKENHEUER, Werner: Optimale vorbeugende Instandhaltung unter Einbeziehung von Justierung und minimaler Reparatur, Diss. Bonn 1976

SPITTA, Thorsten: Entwurf und Implementierung eines praxisnahen Modells zur Simulation von Großmaschinen zwecks Darstellung und Beurteilung ihres Ausfallverhaltens unter kostengünstigen Instandhaltungsstrategien, Diss. Berlin 1976

STAEHLE, Wolfgang, H.: Kennzahlen und Kennzahlensysteme als Mittel der Organisation und Führung von Unternehmen, Wiesbaden 1969

STECH, W. - BIEN, J.: Wann lohnt sich der Einsatz von Fremdleistungen in der Instandhaltung?, in: VDI-berichte Nr. 215, Düsseldorf 1974, S. 73 - 78

STEEN, G. v. D.: Ein Verfahren zur Ermittlung der optimalen Ersatzteilbestellungen bei neu einzuführenden Aggregaten, in: Ablauf- und Planungsforschung, 9. Jg. (1968), Heft 2, S. 121 - 136

STEFFEN, Reiner: Analyse industrieller Elementarfaktoren in produktionstheoretischer Sicht, Berlin 1973

STEFFEN, Reiner: Ermittlung von Anlagenkosten auf der Grundlage betriebswirtschaftlicher Instandhaltungsstrategien, in: ZwF, 69. Jg. (1974), Heft 6, S. 303 - 306

STEINHAUSER, Hugo - SCHULTZ, Karlheinz: Kalkulation und Leistungsentlohnung in der Werkserhaltung, Erfahrungen mit Universal Maintenance Standard in einem Hüttenwerk, in: Stahl und Eisen, 87. Jg. (1967), Heft 2, S. 97 - 103

STEINHOFF, D.: Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung zur Schadensfeststellung an Wärmetauschern, in: Fachtagung Instandhaltung '78 - Inspektion, Wiesbaden vom 17. und 18. 10. 1978, hrsg. vom DEUTSCHEN KOMITEE INSTANDHALTUNG, o. O. o. J. (1978), S. XII/1 - 18

STÖHR, Andreas: Kurzarbeit als arbeitsmarktpolitisches Instrument, in: WiSt, Jg. 1975, Heft 10, S. 501f.

STRUMILIN, S.: Der physische und moralische Verschleiß der Arbeitsmittel, in: Wirtschaftswissenschaft, 5. Jg. (1957), Heft 5, S. 725 - 741

STÜLPNAGEL, C.: Einsatz von Endoskopen bei Triebswerkinspektionen, in: Fachtagung Instandhaltung '78 - Inspektion, Wiesbaden, 17. und 18. 10. 1978, hrsg. vom DEUTSCHEN KOMITEE INSTANDHALTUNG, o. O., o. J. (1978), S. IV/1 - 26

STURM, S.: Mehrstufige Entscheidungen unter Unsicherheit - zur Theorie adaptiver Prozesse, Meisenheim am Glan 1970

STURM, A. - FÖRSTER, R.: Technische Diagnostik - Anlagenüberwachung zur Erhöhung von Sicherheit und Verfügbarkeit im Kernkraftwerk, in: Kernenergie, 20. Jg. (1977), Nr. 8, S. 233 - 238

TAGMANN, Hans Rudolf: Kapazitätssteigerung im Unterhalt mit Hilfe von Zeitrichtwerten, in: Industrielle Organisation, 40. Jg. (1971), Heft 5, S. 225 - 228

TAHARA, A. - NISCHIDA, T.: Optimal Replacement Policies for a Repairable System with Markovian Transition of States, in: Journal of the Operations Research Society of Japan, Vol. 16 (1973), S. 78 - 103

TAKÁTS, L.: Probleme der Instandhaltung und Reparatur von Maschinen und Anlagen, in: Die Technik, 28. Jg. (1973), Heft 6, S. 394 - 398

TAKACS, T.: Stochastische Prozesse, München 1966

TANNER, W.: Werkzeugmaschinen- und Anlagenunterhalt, in: Technische Rundschau, Jg. 1973, Nr. 40, S. 25 - 29

TAUBERT, D.: Erfassung und Auswertung der Instandhaltungskosten, in: Aktuelle Probleme der Instandhaltung, VDI-Berichte Nr. 215, Düsseldorf 1974, S. 49 - 57

TENCKHOFF, Philipp: Anforderungsarten und -profile, in: Handwörterbuch der Produktionswirtschaft, hrsg. von Werner KERN, Stuttgart 1979, Sp. 83 - 99

THÄMER, Reinhard: Konstruktive Maßnahmen zur Erzielung niedriger Instandhaltungskosten, in: Schmiertechnik und Tribologie, 15. Jg. (1968), Heft 3, S. 115 - 120

THOMAS, Manfred: Instandhaltungskosten, in: Controller Magazin, Jg. 1978, Heft 2, S. 69 - 74

THUMB, Norbert, Grundlagen und Praxis der Netzplantechnik, München 1968

TIBURTIUS, J.: Der Begriff des Bedürfnisses, seine psychologische Grundlage und seine Bedeutung für die Wirtschaftswissenschaften, in: Jahrbuch für Nationalökonomie und Statistik, 103. Bd., 1914, S. 721 - 790

TIEBEL, Conrad: Unterhaltungs- und Erneuerungskosten von Fahrzeugen und Fahrwegen der öffentlichen Nahverkehrsmittel, Diss. Aachen 1960

TUCKER, Spencer A.: Einführung in die Break-even-Analyse, deutsche Bearbeitung von Albrecht Deyhle, München 1973

UHLMANN, W.: Statistische Qualitätskontrolle, Stuttgart 1966

UHLMANN, Werner: Die planmäßige Instandhaltung automatischer Maschinenfließreihen, Karl-Marx-Stadt 1962

UMBRECHT, Hans: Staubschutz für Maschinen, in: Der Industriemeister, 12. Jg. (1963), S. 92f.

VAN DER BURG, - HEMELRIJK, J.: Choosing the best management for overhaul, in: Management Science, Models and Techniques, Proceedings of the 6th International Meeting of the Institute of Management Science, Vol. I, Oxford - London, New York, Paris 1960, S. 34-55

VAN DER VELDE, Kurt: Herstellungskosten in der Kostenrechnung und in der Steuerbilanz, 3. Aufl., Stuttgart 1960, S. 101f.

VLAHOS, C. J.: Zeitrichtwerte - nach MTM zusammengestellt, Rationalisierung der Anwendung von MTM (MSD), in: Arbeitsstudium und Instandhaltung, hrsg. vom KURT-HEGNER-INSTITUT FÜR ARBEITSWISSENSCHAFT DES VERBANDES FÜR ARBEITSSTUDIUM - REFA e.V., Berlin - Köln - Frankfurt a.M. 1963, S. 157-166

VOIGT, Jürgen Peter: Erfassung, Auswertung und Nutzung von Schadendaten in der Eisen- und Stahlindustrie, Diss. Braunschweig 1973

WAGNER, H.: Modelle für organisatorische Lösungen zur Anlagenwirtschaft, in: Fachtagung Instandhaltung '77, Anlagenwirtschaft/Anlagenwesen, Wiesbaden, 13. und 14. Oktober 1977, hrsg. vom DEUTSCHEN KOMITEE INSTANDHALTUNG, o. O. 1977, S. III/1 - 18

WAGNER, Heinrich: Die Verringerung des betrieblichen Erhaltungsaufwandes als Konstruktionsaufgabe, in: Stahl und Eisen, 75. Jg. (1955), Nr. 2, S. 85 - 89

WAHI, Pran N.: Provisionings of Spares and Service Channels when a fixed Number of Machines run a System, in: The Journal of Industrial Engineering, Vol. 17 (1966), No. 2, S. 112 - 115

WARDENBERG, J.: Das Problem der Wirtschaftlichkeitsrechnung bei der Entscheidung zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug, in: KRP, Jg. 1967, Heft 1, S. 5 - 15

WARLICH, Rolf - GEBAUER, G. - HENNINGMEYER, G.: Tribotechnische Überwachungssysteme im Rahmen einer geplanten Instandhaltung, in: Schmiertechnik und Tribologie, 20. Jg. (1973), Nr. 4, S. 99 - 105

WARNECKE, H. J.: Instandhaltungsgerechte Konstruktion, in: Industrial Engineerung, 4. Jg. (1974), Heft 4, S. 315 - 324

WEBER, Helmut: Untersuchung der Abnutzung feuerfester Auskleidungen metallurgischer Öfen mit Hilfe radioaktiver Isotope, in: Stahl und Eisen, 77. Jg. (1957), Heft 5, S. 290f.

WEBER, Wilhelm: Werkzeugüberwachung an automatisierten Fertigungsstraßen in USA, in: Werkstatt und Betrieb, 87. Jg. (1954), Heft 12, S. 767 - 769

WEINWURM, Ernest H.: Break-Even-Analysis, in: Handwörterbuch des Rechnungswesens, hrsg. von Erich KOSIOL, Stuttgart 1970, Sp. 302 - 307

WESTERMANN, Hans: Preisvergleiche bei nach außen zu vergebenden Instandsetzungsaufträgen, in: REFA-Nachrichten, 31. Jg. (1978), Heft 6, S. 333 - 335

WIBBE, Josef: Arbeitsbewertung, 3. Aufl., München 1966

WIBBE, Josef: Arbeitsbewertung, Methoden der, in: Handwörterbuch der Produktionswirtschaft, hrsg. von Werner KERN, Stuttgart 1979, Sp. 104 - 115

WIEDERHOLT, W.: Grundlagen des Korrosionsschutzes, in: Industrie-Anzeiger, Jg. 1961, S. 1841 - 1848

WIEGEL, Heinrich: Transparenz der Instandhaltekosten - ein Mittel zur Betriebsführung, in: Stahl und Eisen, 88. Jg. (1968), Nr. 4, S. 172 - 176

WIEGEL, Heinrich: Integrierte Instandhaltung, in: Veröffentlichungen zum 1. Europäischen Kongreß Instandhaltung, Wiesbaden 1972, S. 7 - 38

WIELAND, Hans: Erfolgreiche Normung und Typenbeschränkung in einem Betrieb der Maschinenindustrie. Technische Maßnahmen - wirtschaftliche Auswirkungen, in: Rationalisierung, 11. Jg. (1960), S. 6 - 8

WIESNER, Herbert: Der Prämienlohn in Theorie und Praxis, Köln 1969

WILLE, Friedrich: Wege zur Senkung der Instandhaltungskosten, in: Maschine und Manager, Jg. 1961, Nr. 4, S. 44 - 51

WOHINZ, Josef: Die Produktionsverfahren der Ersatzteilproduktion, in: BFuP, 23. Jg. (1971), Nr. 12, S. 688 - 697

WOHINZ, Josef: Morphologie des Ersatzteilbedarfs, in: Industrielle Organisation, 43. Jg. (1974), S. 199 - 202

WOLFF, Manfred: Optimale Instandhaltungspolitiken in einfachen Systemen, Berlin-Heidelberg-New York 1970

WOLKERSDORF, Lorenz: Wesen und Bedeutung der Anlagenintensität im Industriebetrieb, Diss. Frankfurt a. M. 1956

WOLPERS, Friedrich: Leistungsschaltung und Wartungsintensität, Göttingen 1977

WOODMAN, R. C.: Replacement Policies for Components that Deteriorate, in: Operations Research Quarterly, Vol. 18 (1967), No. 3, S. 267 - 280

WYDER, Carl: Was ich unter geplanter Instandhaltung verstehe, in: Arbeitsstudium und Instandhaltung, hrsg. vom KURT-HEGENER-INSTITUT DES VERBANDES FÜR ARBEITSSTUDIEN - REFA e. V., Berlin-Köln-Frankfurt a. M. 1963, S. 11 - 20

ZANGEMEISTER, Christof: Nutzwertanalyse in der Systemtechnik, 3. Aufl., München 1973

ZEEP, Wolfgang: Redundanz - ein Mittel zur Steigerung der Zuverlässigkeit von technischen Systemen, in: Operations Research und Datenverarbeitung bei der Instandhaltungsplanung, hrsg. von Karl F. BUSSMANN und Peter MERTENS, Stuttgart 1968, S. 83 - 102

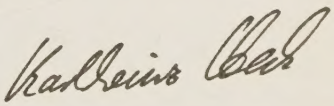
ZIERUL, H.: Die menschliche Arbeitskraft in einer dynamischen Produktionstheorie, Köln 1974

ZIMMERMANN, Gebhard: Ergiebigkeitsmaße für die Produktion, in: Handwörterbuch der Produktionswirtschaft, hrsg. von Werner KERN, Stuttgart 1979, Sp. 520 - 528

VERSICHERUNG

Hiermit versichere ich, daß ich die vorliegende Dissertation selbständig und nur unter Verwendung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel verfaßt habe.

Dorsten, im August 1980



Tabellarischer Lebenslauf

Name	Karlheinz Heck
Anschrift	Lilienstr. 14, 4270 Dorsten 21
Geburtstag und -ort	10.12.1948, Dorsten
Familienstand	verheiratet (seit dem 23.6.1972), eine Tochter (18.7.1978)
Staatsangehörigkeit	deutsch
Schulausbildung	
1955 - 1959	Grundschule in Dorsten
1959 - 1967	altsprachliches Gymnasium in Dorsten, Abitur 1967
Bundeswehr	
1967 - 1969	18 Monate Grundwehrdienst
Studium	
1969 - 1973	Wirtschaftswissenschaften an der Ruhr-Universität Bochum, Abschluß als Dipl.-Ökonom
Tätigkeiten	
1973 - 1979	Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fertigungswirtschaft an der Universität Dortmund
1974 - 1976	Nebenberufliche Tätigkeit als Mathematiklehrer an der Erich-Klausener Realschule in Dorsten
ab 1. 9. 1980	Mitarbeiter in der Abteilung Finanz- und Investitionsplanung der Volkswagenwerk AG, Wolfsburg